Über die Nothwendigkeit des Kalkes für Keimlinge, insbesondere bei höherer Temperatur

von

Leopold Ritter v. Portheim.

Aus dem pflanzenphys. Institute der k. k. deutschen Universität in Prag.

(Vorgelegt in der Sitzung am 25. April 1901.)

Einleitung.

Durch die bekannten Arbeiten von Boehm,[1] Liebenberg,[2] Raumer[3] und Schimper[4] war sichergestellt, dass die höheren Pflanzen, so weit die Untersuchungen reichten, zu ihrer Entwickelung des Kalkes unbedingt bedürfen.

Im Jahre 1885 wollte nun Dehérain[5] gefunden haben, dass Keimlinge verschiedener Art bei höherer Temperatur (30 bis 35° C.) den Kalk nicht benöthigen, dass also höhere Temperatur gewissermaßen den Kalk zu ersetzen vermöge.

[1] Boehm J., Die Nährstoffe der Pflanze. Ein Vortrag mit Demonstrationen, gehalten im Vereine zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien am 11. November 1885. Wien, 1886. — Boehm J., Über den vegetabilischen Nährwert der Kalksalze. Diese Sitzungsber., Bd. LXXI, I. Abth., April, 1875.

[2] Liebenberg A. v., Untersuchungen über die Rolle des Kalkes bei der Keimung von Samen. Diese Sitzungsber., Bd. LXXXIV, I. Abth., October 1881.

[3] Raumer, E. v., Kalk und Magnesia in der Pflanze. Die landwirtschaftlichen Versuchsstationen, Bd. XXIX, 1883. — Raumer und Kellermann Ch., Über die Function des Kalkes im Leben der Pflanze. Die landwirtschaftlichen Versuchsstationen, Bd. XXV, 1881.

[4] Schimper A. F. W., Zur Frage der Assimilation der Mineralsalze durch die grüne Pflanze. Separatabdruck aus der »Flora oder allgem. bot. Zeitung«, 1890, Heft 3. — Schimper A. F. W., Über Kalkoxalatbildung in den Laubblättern. Separatabdruck aus der bot. Zeitung, 1888.

[5] Dehérain M., Nutrition de la plante. Fremy Encyclopédie chimique, X, 1885, Chimie agricole.

Die meisten Forscher nahmen diese Angabe als richtig hin. Der einzige, der bisher der Dehérain'schen Behauptung auf Grund von Versuchen entgegengetreten ist, war Molisch.[1]

Da die Frage, ob der Kalk von den Keimpflanzen bei höherer Temperatur entbehrt werden kann, für die ganze Kalkfrage in ihrer Beziehung zur Pflanze von großem theoretischen Interesse ist, und da es wünschenswert war, die Frage nochmals auf breiter experimenteller Basis mit möglichst vielen Keimpflanzen auszuführen, unternahm ich es, diesen Gegenstand einer erneuten Untersuchung zu unterwerfen.

Boehms Versuche. Boehm[2] hat aus den Ergebnissen seiner Versuche den Schluss gezogen, dass die in destilliertem Wasser gezogenen Keimpflanzen von *Phaseolus multiflorus* früher oder später, stets aber vor dem völligen Verbrauche der organischen Reservenahrung absterben, was aber durch verschiedene Kalksalze, mit Ausnahme von Chlorcalcium, verhindert werden kann.

Ich bemerke hier, dass nach Molisch und Liebenberg Chlorcalcium für die Pflanzen unschädlich ist und seine Wirkung derjenigen der anderen Kalkverbindungen gleichgestellt werden kann.

Boehm folgert ferner aus seinen Untersuchungen, dass der Kalk für die Bildung von Stärke aus Kohlensäure völlig belanglos sei und erwähnt, dass die Rolle, welche der Kalk bei dem Transporte der Stärke aus den Reservekammern zu den natürlichen Verbrauchstätten spielt, bisher völlig räthselhaft ist.

Über die Function des Calciums in den Pflanzen spricht er folgende Meinung aus:[3]

»Der Kalk spielt bei der Umbildung organischer Baustoffe in Formbestandtheile des Pflanzenleibes eine ebenso wichtige Rolle, wie bei der Metamorphose des Knorpels in Knochen.

Während die übrigen Nährstoffe direct oder indirect nothwendig sind zur Bildung organischer Substanz, kann letztere nur unter Mitwirkung des Kalkes zum Aufbau der Zellwand verwendet werden.«

[1] Molisch H., Die Ernährung der Algen (Süßwasseralgen, I. Abhandlung). Diese Sitzungsber., Bd. CIV, Abth. I, October 1895.

[2] Boehm, Über den vegetabilischen Nährwert der Kalksalze, l. c. S. 16.

[3] Boehm, Die Nährstoffe der Pflanze, l. c. S. 11. — Boehm, Über den vegetabilischen Nährwert der Kalksalze, l. c. S. 17.

Dieser Ansicht stimmen einige Botaniker bei, doch wurden über die Function des Kalkes von zahlreichen Forschern die verschiedensten Anschauungen ausgesprochen, die aber alle noch einer einwandfreien Beweisführung bedürfen; die meisten weisen dem Calcium nur eine physiologische Rolle zu.

Krankheitserscheinungen bei Pflanzen, die in kalkfreien Nährlösungen gezogen wurden. An anderer Stelle beschreibt Boehm[1] die krankhaften Erscheinungen, die bei den in destilliertem Wasser aufgezogenen Feuerbohnen zu beobachten sind.

Stohmann[2] schildert die Folgen des Kalkmangels beim Mais. Die Krankheitssymptome treten hier, wie bei allen Gramineen, nicht so plötzlich und auffallend auf, wie bei der Bohne.

Ausführliche Angaben über die Krankheit, die durch den Mangel an Kalk bei den Pflanzen hervorgerufen wird, finden wir in den Arbeiten von Liebenberg[3] und Raumer[4] niedergelegt.

Da die Erkrankung der Bohne besonders charakteristisch ist und meine Untersuchungen die der früheren Forscher in mancher Hinsicht ergänzen, gebe ich hier eine Beschreibung derselben, weil ich bei meinen zahlreichen Versuchen mit *Phaseolus vulgaris* Gelegenheit hatte, den Krankheitsverlauf genau zu beobachten.

Die Krankheit beginnt bei den Keimlingen von *Phaseolus vulgaris* (bei *Phaseolus multiflorus* am Epicotyl) am Hypocotyl, mit dem Austreten eines Tropfens unterhalb oder an der Krümmung, und zwar auf der Innenseite derselben; manchmal kann man mehrere Tropfen bemerken. Dass in einigen Fällen der Tropfenaustritt nicht zu beobachten ist, liegt wohl, wie Raumer[5] richtig bemerkt, daran, dass der Tropfen bereits verdunstet ist, wenn man

---

[1] Boehm, Über den vegetabilischen Nährwert der Kalksalze, l. c. S. 6 und 8.

[2] Stohmann F., Über einige Bedingungen der Vegetation der Pflanzen. Ann. der Chemie und Pharm. Bd. 121, 1862.

[3] Liebenberg, Untersuchungen über die Rolle des Kalkes bei der Keimung von Samen, l. c.

[4] Raumer, Kalk und Magnesia in der Pflanze, l. c. — Raumer und Kellermann, Über die Function des Kalkes im Leben der Pflanze, l. c.

[5] Raumer, Kalk und Magnesia in der Pflanze, l. c. S. 254.

die Pflanzen nicht gleich nach seinem Erscheinen untersucht. Die Wurzeln dieser Bohnen hatten sich schon früher gebräunt; es waren da an manchen Stellen die Epidermis und ein bis zwei darunterliegende Zellreihen sowie einige Wurzelhaare von der Bräunung ergriffen, während an anderen Stellen die Epidermiszellen collabierten. An einigen Zellen der Endodermis war eine braune Färbung der Membran oder des Inhaltes zu beobachten; später nahmen die Membranen der Gefäße eine gelbbraune Farbe an. Es werden nun immer mehr und mehr Zellen gebräunt; in den Gefäßpartien wird die Bräunung intensiver. Die Intercellularen füllen sich mit einem Inhalt von gleicher Farbe.

Ich muss bemerken, dass sich die Wurzeln nicht immer zur Zeit des Tropfenaustrittes in diesem Zustande befinden, denn in manchen Fällen, wo die Erkrankung am Hypocotyl bereits in einem fortgeschritteneren Stadium ist, erscheint die Bräunung der Wurzeln noch nicht so weit gediehen, wie dies eben beschrieben wurde. An der Stelle, wo der Tropfen austritt, gleichen die Zellen ganz denen einer gesunden Pflanze, nur sehen wir gegen die Krümmung hin eine Bräunung der Gefäßmembranen und einzelner Zellen und Intercellularen im Pericykel.

Im zweiten Stadium der Erkrankung wird das Hypocotyl an der Stelle, wo der Tropfen zum Vorschein gekommen war, glasig, doch konnte ich auch diese Erscheinung nicht bei allen Pflanzen constatieren, was wohl auch darauf zurückzuführen ist, dass ich die Culturen immer erst nach 6 bis 12 Stunden untersuchte, während welcher Zeit sich die glasige Stelle bereits gebräunt hatte.

Manchmal ist das Hypocotyl an dieser Stelle seinem ganzen Umfange nach glasig und braun gefärbt; in anderen Fällen ist die Bräunung bloß auf der Innenseite, oder sie ist auf dieser Seite ausgebreiteter, wie auf der Außenseite der Krümmung. Ein anderesmal wieder bemerkt man auf der Innenseite einen kleinen, beinahe schwarzen Fleck und eine Einschrumpfung des Hypocotyls an dieser Stelle. Gleichzeitig macht die Krankheit im Innern der Pflanze Fortschritte; die Gerbstoffschläuche, die Gefäße und die sie umgebenden Partien werden von ihr befallen. Die Zellen des Pericykels sind mit Ausnahme derer, die an das Cambium grenzen, bereits mit einem braunen Inhalt erfüllt und in vielen derselben wimmelt es von Bakterien. Die Intercellularen werden immer größer und größer, so dass einige der Zellen wie isoliert erscheinen, und der sie umgebende Raum ist grau, gelblich oder braun und mit Bakterien erfüllt. Zwischen den Gefäßen sind manche Partien gebräunt, dies ist auch der Fall bei einigen Markzellen. Die Bräunung des Hypocotyls schreitet nun gegen die Krümmung hin fort; ein Einfallen oder Vertrocknen ist noch nicht zu beobachten. Die Gerbstoffschläuche färben sich immer dunkler und dunkler und die sie begrenzenden Zellen werden auseinandergetrieben. Die Epidermiszellen an der erkrankten Stelle sind gestreckter wie die der gesunden Pflanzen und haben ein glasiges Aussehen.

In der Wurzel sehen wir die Bräunung des Zellinhaltes und der Membranen im Pericykel, in der Endodermis, im Vasaltheile, im Phloem (gelblich)

und im Mark auftreten. Einzelne Partien in diesen Geweben fallen durch eine besonders intensive Braunfärbung auf. Die Primordialblätter und das Epicotyl sind gesund, nur die Gefäße des letzteren sind gelblich gefärbt.

An der Stelle, wo die Erkrankung zuerst aufgetreten ist, findet nun eine Einschnürung statt, die ganz kurz oder auch länger sein kann. Die eingeschnürte Partie ist dunkelbraun und matt, sie hat das glasige Aussehen verloren und lässt sich nur schwer mit dem Messer schneiden, da das Gewebe hier ganz locker geworden ist.

An den Epidermiszellen der angrenzenden Theile konnte ich beobachten, dass dieselben ganz eigenthümliche Formen angenommen hatten. Dieselben waren aufgedunsen, viel größer wie bei den gesunden gleichalterigen Bohnen und jede Zelle drang in ihre Nachbarzelle durch einen schnabelförmigen Fortsatz vor. Bei einer untersuchten Pflanze hob sich die Cuticula von diesen Zellen ab.

Gleichzeitig mit dem Vorrücken der Bräunung gegen die Cotyledonen zu geht die Tinction des Hypocotyls in der Richtung der Wurzel vor sich, bis diese erreicht ist. Die meisten Zellen enthalten große Mengen von Bakterien, die die mikroskopische Untersuchung durch Trübung des Präparates erschweren.

Das Epicotyl, die Blattstiele, der Hauptnerv und die anderen Nerven der Primordialblätter haben gebräunte Gefäße.

Wurzeln, die sich an der Ansatzstelle der Hauptwurzel an das Hypocotyl und am untersten Theile desselben entwickelt hatten, bleiben kurz und bräunen sich bald, insbesondere sind bei ihnen die Gefäße stark tingiert.

Die Pflanze klappt nun an der eingeschnürten Stelle zusammen und diese Partie vertrocknet.

Querschnitte zeigen uns hier eine zusammenhanglose, körnige, graue Masse, in der sich ein gelblicher Streifen befindet, der die Gerbstoffschläuche mit einem rothbraunen Inhalt und die Gefäße, die einzigen noch erhaltenen Elemente, enthält.

An Stellen, die von der Einschnürung etwas entfernter sind, bemerkt man, dass die Epidermis und die äußersten Zellreihen abgestorben sind und eine undurchsichtige Masse bilden; die anderen Zellen des Pericykels sind zerknittert, zum Theile braun gefärbt oder gestreckt. Das Stranggewebe ist vollständig gebräunt; die inneren Markzellen zerfallen in dunkelbraune Körnchen und Klümpchen, die von den äußeren Markzellen, die sich bedeutend gestreckt haben und dünnere Membranen haben wie die unveränderten Zellen, radiär umgeben sind. Nach Raumer[1] kommt es in diesen gestreckten Zellen bei *Phaseolus multiflorus* zur Bildung neuer Membranen (Quer-, respective Längswänden).

Am Epicotyl und an den Blättern, die sich trotz der Erkrankung des Hypocotyls zu entwickeln begonnen hatten, konnte ich feststellen, dass die

[1] Raumer, Kalk und Magnesia in der Pflanze, l. c. S. 258.

Gefäße des Epicotyls stark, die der Blattstiele und der Nerven der Primordialblätter etwas schwächer gebräunt waren. Die Gefäße der Vegetationsspitze und der neuen kleinen Blättchen zeigten auch schon eine braune Färbung. Die Primordialblätter waren an den Spitzen geschwärzt.

Es wird hierauf auch das hypocotyle Glied oberhalb der Einschnürung von der Krankheit ergriffen und hat nur an der Ansatzstelle des Epicotyls noch nicht die tiefbraune Farbe angenommen.

Das Epicotyl und die schlaff gewordenen Primordialblätter sind dunkelgelb; die Gefäße derselben und der Blattstiele dunkelbraun. Das Faulen des Hypocotyls breitet sich gegen die Wurzel und die Cotyledonen immer weiter aus, die Pflanze kann sich nicht mehr aufrecht erhalten und fällt zusammen. Die Blätter werden dunkelgelb, glasig, die Gefäße sind dunkelbraun. Die Epidermiszellen und die angrenzende erste Zellreihe sind schwach gelblich tingiert. Einige Zellen in der Nähe des Hauptnervs und im Mesophyll nehmen größere Dimensionen an, runden sich ab, sind gelb gefärbt und enthalten massenhaft Bakterien. Auch die Trichome werden von der Bräunung ergriffen.

Die Krankheit greift immer mehr um sich, bis schließlich auch die Blätter und die Endknospe zu faulen beginnen. Ich habe noch zu erwähnen, dass die Wurzeln nach einer ganz kurzen Zeit ihr Wachsthum einstellen und dass sich nur kleine oder nur ganz rudimentäre Seitenwurzeln entwickeln. Die Wurzelspitze geht zugrunde und ist von einer weißlichen Wolke, den Resten der Wurzelhaube umgeben.

Die Erkrankung macht sich also durch Bräunung und Wachsthumseinstellung der Wurzeln, braune Färbung der Gefäße und durch den Tropfenaustritt am hypocotylen Glied bemerkbar; die anderen pathogenen Erscheinungen sind secundärer Art.

Aus dieser Beschreibung ersieht man, von welch eminenter Wichtigkeit der Kalk für die Pflanze ist, da sein Fehlen im Nährsubstrat eine baldige Erkrankung zur Folge hat.

Nach Dehérain sollen nun bei Pflanzen, die in destilliertem Wasser bei 30 bis 35° C. gezogen werden, diese Krankheitserscheinungen nicht aufgetreten sein und hat er eine normale Entwickelung derselben beobachtet.

Die Behauptung Dehérain's. Die diesbezügliche Stelle aus Dehérain's[1] »Nutrition de la plante« lautet:

»On fut pendant quelque temps avant de pénétrer la cause de cette diversité de résultats mais en réfléchissant à l'influense qu'exerce l'élévation

[1] Dehérain, Nutrition de la plante, l. c. p. 18.

de la température sur la germination, on eut l'idée que peut-être, pendant les chaleurs de l'été, l'évolution des graines avait pu se produire, bien que l'absence des matières minérales étrangères leur fut défavorable; et en effet, en plaçant des graines de blé ou de haricots dans l'eau distillée, mais en les maintenant à une température de 30 à 35°, on obtint une évolution complète. L'expérience fut particulièrement décisive sur un haricot enraciné dans l'eau distillée et maintenu dans une étuve chauffée à 35°: le développement fut normal, bien que les nouveaux organes, ne renfermassent pas une trace de chaux: elle était restée tout entière dans les cotylèdons encore incomplètement vidès. Ainsi, bien que la présence de la chaux dans l'eau où plongent les racines soit avantageuse, on ne peut pas dire, que cette base soit nécessaire à la formation des organes nouveaux.«

Vor allem ist aus der obigen Mittheilung Dehérain's nicht zu ersehen, aus welchen Gründen die Anwesenheit des Kalkes für die Pflanze von Vortheil ist, denn die Versuche wurden nur mit Fluss-, respective Brunnenwasser und mit destilliertem Wasser gemacht. In ersterem waren außer Kalk verschiedene andere unbekannte Stoffe in nicht bekannten Mengen vorhanden, während in letzterem alle Nährstoffe fehlten.

Es wurde die Erkrankung der Pflanzen im destillierten Wasser möglicherweise durch das Fehlen aller nöthigen Elemente verursacht und ist die Ursache der Krankheit in diesem Falle deshalb vielleicht eine andere, wie bei den in kalkfreier Nährlösung gezogenen Gewächsen.

Dehérain's Folgerung, man könne nicht sagen, dass der Kalk zur Bildung der neuen Organe nothwendig sei, ist nicht logisch, da bei seinen Untersuchungen keine vollständigen Nährlösungen ohne Kalk, sondern bloß destilliertes Wasser verwendet wurde. Falls die von ihm erzielten Resultate richtig wären, wäre die Temperatur von 30 bis 35° imstande, beim Getreide und bei den Bohnen nicht nur den fehlenden Kalk, sondern alle nicht vorhandenen Nährstoffe zu ersetzen.

Beobachtungen anderer Forscher über die Wirkung der erhöhten Temperatur. Schimper,[1] der die Entdeckung Dehérain's erwähnt, hat dieselbe nicht nachgeprüft, sucht aber das Phänomen durch die Zerstörung von Säuren infolge der erhöhten Temperatur zu erklären.

---

[1] Schimper, Zur Frage der Assimilation der Mineralsalze durch die grüne Pflanze; l. c. S. 247 und 249.

Loew[1] hat Spirogyren in kalkfreien Nährlösungen bei erhöhter Temperatur cultiviert und hat beobachtet, dass der Tod dieser Alge bei 24 bis 28° rascher eintritt.

Die günstige Wirkung der höheren Temperatur auf Pflanzen, die ohne Kalk gezogen wurden, erklärt er durch das Löslichwerden schwerlöslicher Salze, wodurch der Kalk aus den älteren Organen in die jüngeren gelangen kann.

Molisch[2] hat gefunden, dass Bohnen, Wicken, Erbsen und andere Keimlinge bei einer Temperatur von 30 bis 35° C. in kalkfreien Lösungen gezogen, früher absterben, als die Pflanzen in dem gleichen Medium bei gewöhnlicher Zimmertemperatur (18° C.).

Liebenberg[3] erwähnt, dass bei *Phaseolus vulgaris* bei größerer Wärme und größerer Feuchtigkeit das Absterben schneller eintritt; er spricht sich aber über die Höhe der Temperatur nicht aus.

Beschreibung der Versuchsanstellung. Die Versuchsanstellung bei meinen Untersuchungen war folgende:

Die Samen, die zur Verwendung kamen, wurden, nachdem die schlechten entfernt worden waren, in Glasgefäßen durch 24 Stunden in destilliertem Wasser der Quellung überlassen und dann in Keimschalen aus Thon, die mit weißem Filtrierpapier ausgekleidet und mit destilliertem Wasser benetzt wurden, gebracht. Sobald die Wurzeln die Länge von circa 1 *cm* erreicht hatten, wurden die Keimlinge in Glasgefäße von gleicher Größe, die mit den zur Verwendung kommenden Nährlösungen gefüllt würden, übertragen, und es wurden bei einer Versuchsreihe die Gefäße immer mit derselben Menge von Pflanzen beschickt.

Die Glasgefäße wurden vor der Benützung mit Salzsäure und destilliertem Wasser mehrmals ausgespült; auch der Organtin und der Bindfaden mussten in destilliertem Wasser, dem Salzsäure zugesetzt war, ausgekocht und dann ordentlich

---

[1] Loew O., Über die physiologischen Functionen der Calcium- und Magnesiumsalze im Pflanzenorganismus. Sonderabdruck aus »Flora oder allgemeine bot. Zeitung«, 1892.

[2] Molisch, Die Ernährung der Algen; l. c. S. 17.

[3] Liebenberg, Untersuchungen über die Rolle des Kalkes bei der Keimung von Samen; l. c. S. 11.

ausgewaschen werden, um Verunreinigungen und insbesondere den Kalk zu entfernen.

Die Gläser wurden auf Thonschalen, in denen sich destilliertes Wasser befand, so gestellt, dass sie sich nicht berührten und auch die Keimlinge der verschiedenen Gefäße bei fortschreitendem Wachsthum nicht mit einander in Berührung kommen konnten.

Die Culturen wurden mit Glas- oder Zinnstürzen zugedeckt. Als Nährsubstrat wurden verwendet: viel Kalk enthaltendes Brunnenwasser aus dem Garten des Institutes, destilliertes Wasser, complete Nährstofflösungen und solche, in denen Kalk fehlte.

Die kalkhältige Nährlösung hatte folgende Zusammensetzung:

0·25 *g*	salpetersaures Kali	1 *l* Wasser.
0·25	Monokalium-Phosphat	
0·25	Magnesiumsulfat	
1	salpetersaurer Kalk	
Spur	Eisenvitriol	

Die kalkfreie Lösung bestand aus:

0·25 *g*	salpetersaures Kali	1 *l* Wasser.
0·25	Monokalium-Phosphat	
0·25	Magnesiumsulfat	
Spur	Eisenvitriol	

Die Nährlösungen wurden auch in stärkerer Verdünnung verwendet, da es sich zeigte, dass dies für die Entwickelung der Pflanzen vollständig genügend war.

Vor allem musste ich eine Versuchsreihe aufstellen, bei der die Verhältnisse vollständig denen entsprachen, unter welchen die Versuche Dehérain's vorgenommen worden waren.

Versuch mit *Phaseolus vulgaris* in Brunnenwasser und destilliertem Wasser. Am 17. December wurden in einem Kasten, in dem eine gleichmäßige Temperatur von 31° C. erhalten wurde (nur einmal wurden 32° C. erreicht), und in einem Kasten, in dem die Temperatur während der Versuchsdauer zwischen 17 bis 21° C. schwankte, je ein Gefäß mit

Brunnenwasser und mit destilliertem Wasser aufgestellt. Außerdem kamen im Warmkasten noch je ein Gefäß mit einer vollständigen und einer kalkfreien Nährlösung zur Aufstellung. In jedem Glase befanden sich je 15 Keimlinge von *Phaseolus vulgaris*.

Bei früheren Untersuchungen hatte ich bereits constatiert, dass unter den Zinnstürzen die Temperatur um 1 bis 2° höher war, wie in dem Kasten, in dem sich die Culturen befanden, mithin wurden also die Pflanzen bei einer Temperatur von 32° bis 33° C. gezogen. Den Kasten mit höherer und den mit niederer Temperatur will ich von jetzt ab der Kürze halber, analog der Bezeichnung Warmhaus und Kalthaus, »Warmkasten« und »Kaltkasten« nennen, bemerke aber, dass auch in letzterem manchmal Temperaturen bis zu 25° C. erreicht wurden.

Am 18. December konnte ich an den Keimlingen im Warmkasten und im Kaltkasten noch keinen Unterschied bemerken.

Dagegen hatten sich am 19. die im Warmkasten im Brunnenwasser befindlichen Bohnen besonders entwickelt.

Die Wurzeln waren hier länger wie in der vollständigen Nährlösung und wie im Brunnenwasser des Kaltkastens.

In letzterem war das hypocotyle Glied kürzer wie im gleichen Medium und in der kalkhältigen Lösung des Warmkastens. In diesen beiden Substraten hatte das Hypocotyl aber die gleiche Länge.

Die Keimlinge im destillierten Wasser in beiden Kästen, sowie die in der kalkfreien Nährstofflösung waren im Wachsthum zurückgeblieben; bei letzteren konnte man eine Bräunung der Wurzeln beobachten.

20. December. **Kaltkasten:**

Brunnenwasser: Hypocotyl kürzer wie in der vollständigen Nährstofflösung und im Brunnenwasser des Warmkastens. In dem letzteren Medium sind auch die Wurzeln länger wie hier.

Destilliertes Wasser: Hypocotyl und Wurzeln kürzer wie im destillierten Wasser des Warmkastens. Wurzeln gebräunt.

Warmkasten:

Brunnenwasser: Hypocotyles Glied nur etwas, Wurzeln aber viel länger wie in der vollständigen Nährlösung.

Complete Nährstofflösung: Hypocotyl und Wurzeln länger wie im destillierten Wasser und in der kalkfreien Lösung.

Kalkfreie Nährstofflösung: Wurzeln etwas kürzer, hypocotyles Glied gleich lang wie im destillierten Wasser. Alle Pflanzen erkrankt.

Destilliertes Wasser: Wurzeln nicht so gebräunt, wie im kalkfreien Medium. 13 Pflanzen erkrankt.

Am 21. December waren die Keimlinge im Brunnenwasser des Warmkastens am besten entwickelt von allen Culturen und hatten sich zahlreiche Nebenwurzeln entwickelt. Letzteres war auch in der kalkhältigen Nährlösung der Fall. In den kalkfreien Lösungen waren schon am Tage vorher alle Pflanzen erkrankt und waren hier alle Wurzeln und Nebenwurzeln gebräunt. Die Nebenwurzeln waren nur am oberen Theile der Hauptwurzeln etwas länger, am unteren Theile waren sie nur kümmerlich ausgebildet.

Im destillierten Wasser waren bis auf einen Keimling alle erkrankt. Die Wurzeln waren gebräunt.

Im Brunnenwasser im Kaltkasten waren das Hypocotyl und die Wurzeln kürzer wie im gleichen Substrat, das Hypocotyl kürzer, die Wurzeln länger wie in der kalkhältigen Flüssigkeit im Warmkasten. Im destillierten Wasser des Kaltkastens waren die Wurzeln an einigen Stellen gebräunt. Bei einer Pflanze konnte das erste Stadium der Erkrankung, der Tropfenaustritt, beobachtet werden. Eine zweite Pflanze wies bereits die Bräunung auf.

Am 22. December wurde der Versuch behufs Vornahme von Längenmessungen an den einzelnen Pflanzentheilen unterbrochen.

Kaltkasten:

Brunnenwasser: Hypocotyles Glied kürzer, Wurzeln gleich lang wie in der kalkhältigen Nährstofflösung. Bei 9 Pflanzen waren die Blätter bereits hervorgebrochen. Am oberen Theile der Hauptwurzel hatten sich lange, am unteren nur ganz kleine Nebenwurzeln entwickelt.

Die Messungen wurden in der Weise vorgenommen, dass die Wurzel von der Ansatzstelle bis zur Spitze, das Hypocotyl von der Wurzelansatzstelle bis zu den Cotyledonen, die Blätter vom Ansatze des Blattstieles bis zur Blattspitze gemessen wurden. Es wurde immer je ein Blatt gemessen.

Gesammtlänge des hypocotylen Gliedes.... 601 *mm.*
» der Wurzeln.............. 912
» der Blätter................ 120

Destilliertes Wasser: 5 Pflanzen erkrankt, Wurzeln etwas gebräunt. Am oberen Theile der Hauptwurzeln sind die Nebenwurzeln länger, aber bräunlich, am unteren Theile sind sie nur schwach entwickelt. Bei 6 Keimlingen die Blätter hervortretend.

Hypocotyles Glied: 479 *mm.* Wurzeln: 394 *mm.* Blätter: 49 *mm.*

Warmkasten:

Kalkhältige Nährstofflösung: Hypocotyl und Wurzeln kürzer wie im Brunnenwasser. Nebenwurzeln hübsch entwickelt. Eine Pflanze ist erkrankt, ihre Cotyledonen sind noch ganz mit Reservestoffen erfüllt.

Hypocotyles Glied: 1366 *mm.* Wurzeln: 912 *mm.* Blätter (15 Bohnen). 199 *mm.*

Destilliertes Wasser: Alle Keimlinge erkrankt. Wurzeln gebräunt. Auch hier sind die oberen Nebenwurzeln länger und gebräunt, die unteren nur ganz kurz.

Hypocotyles Glied: 601 *mm.* Wurzeln: 417 *mm.* Blätter (12 Pflanzen): 147 *mm.*

Kalkfreie Nährlösung: Alle Bohnen erkrankt. Die Nebenwurzeln am unteren Theile der Hauptwurzel sind ganz klein, kaum zu bemerken; alle Wurzeln gebräunt.

Hypocotyles Glied: 594 *mm*. Wurzeln: 319 *mm*. Primordialblätter (13 Bohnen): 188 *mm*.

Brunnenwasser: Nebenwurzeln schön entwickelt. Eine Pflanze erkrankt.

Hypocotyles Glied: 1491 *mm*. Wurzeln: 1747 *mm*. Blätter (13 Keimlinge): 156 *mm*.

Bei diesem Versuche war besonders der Unterschied zwischen den im Brunnenwasser und in der vollständigen Nährstofflösung gezogenen Bohnen auffallend; während bei den ersteren das hypocotyle Glied eine Gesammtlänge von 1491 *mm* und die Wurzeln eine solche von 1747 *mm* erreichten, waren die entsprechenden Längen in der kalkhältigen Lösung 1366 *mm* und 912 *mm*.

Die große Differenz in der Wurzellänge beruht vielleicht darauf, dass der salpetersaure Kalk von der Bohne nicht so gut aufgenommen und assimiliert wird, wie der kohlensaure Kalk oder eine andere Calciumverbindung; oder dass die Nährstoffe in der Zusammensetzung, in der sie den Pflanzen geboten wurden, diesen nicht zusagten.

Was nun die Dehérain'sche Behauptung anbelangt, so ist aus obigem Versuche zu ersehen, dass alle im destillierten Wasser cultivierten Bohnen erkrankten, obzwar die Temperatur fortwährend zwischen 30° bis 35° C. gehalten wurde; ja es waren alle Keimlinge bereits von der Krankheit in höherem und geringerem Grade ergriffen, während von den gleichzeitig in Cultur gesetzten Pflanzen in destilliertem Wasser bei niederer Temperatur erst fünf die Krankheitssymptome aufwiesen.

Die Erkrankung wurde also durch die erhöhte Temperatur nicht nur nicht verhindert, sondern sie wurde sogar begünstigt.

Das Wachsthum wurde durch die Wärme bei den Culturen im destillierten Wasser beschleunigt.

	Hypocotyles Glied	Wurzeln	Blätter
Kaltkasten	479 *mm*	394 *mm*	49 *mm*
Warmkasten . . .	601	417	147

Nachdem ich auf diese Weise festgestellt hatte, dass es nicht möglich ist, Bohnenkeimlinge in destilliertem Wasser bei erhöhter Temperatur gesund zu erhalten, setzte ich die Versuche nunmehr mit vollständigen Nährlösungen und solchen,

in denen der Kalk fehlte, fort, da es mir hauptsächlich darum zu thun war, zu constatieren, ob bei 30 bis 35° C. der Kalk für die Pflanzen entbehrlich sei oder nicht.

Ein Versuch muss hier noch erwähnt werden, nämlich eine Cultur von *Phaseolus vulgaris* in destilliertem Wasser und in einer kalkfreien Nährlösung im Kaltkasten, um den Unterschied in der Entwickelung und Erkrankung in diesen beiden, des Kalkes entbehrenden Medien, festzustellen.

Ich erhielt folgendes Resultat:

Zwei Tage nach der Einstellung konnte im destillierten Wasser bei einer Pflanze der Tropfenaustritt, in der kalkfreien Lösung bei einer Bohne der Tropfen und die glasige Stelle constatiert werden. Im letzteren Medium waren die Wurzeln gebräunt, während dies im ersteren nicht der Fall war.

Am nächsten Tage war bereits ein größerer Unterschied bemerkbar. Im destillierten Wasser wiesen 8 Bohnen den Tropfenaustritt auf und eine von ihnen hatte die glasige Stelle. In der kalkfreien Nährlösung hatten 4 Pflanzen den Tropfen, 7 bereits den braunen Fleck.

Am vierten Tage waren im destillierten Wasser 11, im kalkfreien Medium 19; am fünften Tage im destillierten Wasser 14, im kalkfreien Medium 22 Pflanzen erkrankt und wiesen die verschiedenen Stadien der Erkrankung auf.

Am sechsten Tage waren in beiden Substraten alle Pflanzen bis auf je ein Individuum von der Krankheit ergriffen.

Die Wurzeln im destillierten Wasser, die kurze, spärliche Nebenwurzeln ansetzten, waren schwach gebräunt und war die Braunfärbung selbst bis zum Versuchsabschlusse nicht so intensiv wie in der kalkfreien Flüssigkeit.

Nachdem die Pflanzen am Hypocotyl bereits erkrankt waren, fingen in beiden Medien die Blätter an, sich zu entwickeln. Nach 12 Tagen waren im destillierten Wasser bei 12, in der kalkfreien Nährlösung bei 7 Bohnen die Blätter hervorgekommen.

Es wurden noch mehrere Versuche mit Bohnen unternommen, doch werde ich über dieselben erst später berichten, vorher will ich die bei Versuchen mit anderen Pflanzen erzielten Resultate bekanntmachen.

Pisum sativum.

Aus nachstehender Tabelle ist zu ersehen, dass bei *Pisum sativum* die in kalkfreien Nährlösungen gezogenen Pflanzen im Warmkasten vor denen im Kaltkasten erkrankten. Im letzteren war der Tropfenaustritt oder der glasige Fleck beim ersten und zweiten Versuche am 7. Tage nach der Einstellung der Pflanzen in die Kästen wahrzunehmen, während im Warmkasten der braune Fleck, also das dritte Stadium der Erkrankung schon am 6., respective bereits am 5. Tage zu bemerken war.

Ebenso deutlich ist das Resultat beim vierten Versuche, bei dem ich das Auftreten des Tropfens bei der kalkfreien Cultur im Warmkasten beobachten konnte, was sonst wegen der allzuraschen Verdunstung bei der erhöhten Temperatur und dem schnellen Umsichgreifen der Krankheit nicht möglich war.

Besonders deutlich aber sehen wir die schädliche Wirkung der höheren Temperatur in der Rubrik, in der der Zeitpunkt der Erkrankung aller aufgestellten Pflanzen angegeben wird.

Während im Warmkasten alle Gewächse am 9., 6. und 10. Tage nach der Einstellung die Krankheitssymptome aufwiesen, war dies im Kaltkasten erst 2, 5 und 7 Tage später der Fall. Während die Erbsen in der kalkhältigen Lösung des Kaltkastens eine normale Entwickelung zeigten und bei Abbruch des Versuches gesund waren, zeigten die in der gleichen Lösung gezogenen Pflanzen im Warmkasten gleich von Anfang an abnormale Erscheinungen.

Die Wurzeln und Stengel blieben gegen die, die sich bei niedrigerer Temperatur entwickelt hatten, bedeutend zurück; die Wurzeln färbten sich gelblich bis bräunlich, waren gekrümmt und hatten nur wenig entwickelte Nebenwurzeln. Die Stengel zeichneten sich, gegen die im Kaltkasten, durch besondere Dicke aus. Die Pflanzen im Kalkhältigen des Warmkastens waren gleichzeitig oder einige Tage früher wie die im Kalkfreien des Kaltkastens zugrunde gegangen und zeigten die gleichen krankhaften Erscheinungen wie diese: Tropfenaustritt, Durchsichtigwerden des Stengels, braunen Fleck, Faulen des ganzen Stengels.

Die Controlversuche, die ich mit Kalklösungen angestellt habe (III, V), haben ergeben, dass die Bräunung der Wurzeln, das Dickwerden der Stengel (was übrigens auch in der kalkfreien Nährlösung des Warmkastens constatiert werden konnte) und das Zurückbleiben der Blättchen in der Größe, gegen die im Kaltkasten, nicht auf eine den Pflanzen nicht zusagende Substanz in der Nährlösung, oder auf eine Zersetzung derselben zurückzuführen ist, sondern dass dies alles nur durch die höhere Temperatur bedingt wird.

Die Stengel der Erbsen wuchsen nicht senkrecht in die Höhe, sondern lagen dem Organtin, in dem sie befestigt waren, an; erst später krümmten sie sich stark und richteten sich auf.

Auch was die Farbe der Blättchen anbelangt, konnte ein Unterschied zwischen dem Kalt- und Warmkasten constatiert werden, denn dort waren sie grünlichgelb, hier weißlichgelb. Die kalkfrei gezogenen Pflanzen hatten zur Zeit des Absterbens ihre Reservestoffe noch nicht aufgebraucht.

In den einzelnen Gefäßen erreichten die Keimlinge beinahe die gleiche Länge, was wohl auf den ziemlich gleichen Kalkgehalt der Samen zurückzuführen ist.

Um den Einfluss der höheren Temperatur auf die ersten Stadien der Wurzelentwickelung zu prüfen, ließ ich je 25 Erbsen in Krystallisierschalen, die mit weißem Filtrierpapier ausgelegt waren, im Kalt- und Warmkasten keimen.

Am nächsten Tage hatten sich in ersterem bei 13, in letzterem bei 4 Pflanzen Würzelchen entwickelt.

Pisum sativum.

Versuchsreihe Nr.	Datum der Einstellung	Stücke pro Glas oder Schale	Tropfenaustritt und glasige Stelle treten auf nach Tagen				Brauner Fleck tritt auf nach Tagen				Alle Pflanzen erkrankt nach Tagen				Stengel gegen Kaltkasten zurückgeblieben nach Tagen		Wurzeln gegen Kaltkasten zurückgeblieben nach Tagen		Wurzeln gekrümmt nach Tagen				Wurzeln gebräunt nach Tagen				Temperatur in Graden Celsius	
			Wk.*		Kk.**		Wk.		Kk.		Wk.		Kk.		Warmkasten				Wk.		Kk.		Wk.		Kk.		Warmkasten	Kaltkasten
			Kalk	kalkfrei	Kalk	kalkfrei	Kalk	kalkfrei	Kalk	kalkfrei	Kalk	kalkfrei	Kalk	kalkfrei	Kalk	kalkfrei	Kalk	kalkfrei	Kalk	kalkfrei	Kalk	kalkfrei	Kalk	kalkfrei	Kalk	kalkfrei		
I	29./V.	9	9	.	.	7	.	6	.	.	11	9	.	11	3	3	3	.	5	4	.	4	.	4	.	4	28—34°	20—24°
II	9./VI.	15	5	.		7	.	5	.	.	11	6	.	13	.	.	.	.	3	.	.	3	1	1	.	4	31—34	18—23
III	16./VI.	?	7	.	.	.	.	.	.	.	13	.	.	.	.	.	.		1	.	.	.	1	.	.	.	31—34	—
IV	21./VI.	15	.	6	.	8	***7_1	7_3	.	11_2	15	10	.	15	2	2	3	.	.	1	.	3	.	1	.	2	31—34	17—22
V	16./I.	25	.	.	.	.	17	.	.	.	.	.	.	.	2	.	2	.		.	.	.	7	.	.	.	27—35	18—25
VI	11./VI.	25	.		.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	31—33	18—20

* Wk. = Warmkasten.

** Kk. = Kaltkasten.

*** Der Index zeigt die Anzahl der erkrankten Pflanzen an.

Am dritten Tage waren im Kaltkasten alle Würzelchen draußen, während sich im Warmkasten erst 10 entwickelt hatten.

Am fünften Tage wurde der Versuch unterbrochen.

Im Warmkasten waren bei 14 Erbsen die Wurzeln zum Vorscheine gekommen und betrug die Gesammtlänge derselben 174 *mm*. Die Wurzeln waren hier gegen den Kaltkasten sehr zurückgeblieben, denn in demselben betrug die Wurzellänge aller 25 Stück 885 *mm*.

Es geht daraus hervor, dass sich bei einer Temperatur von 18 bis 20° C. die Würzelchen der keimenden Erbsen gut entwickeln, während eine Temperatur von 31 bis 33° C. auf deren Entwickelung hemmend wirkt.

Ervum Lens.

Hier waren die Pflanzen, wie dies auch bei den Erbsen der Fall war, im Warmkasten in den ersten Tagen länger, wie die im Kaltkasten, doch wurden sie von den letzteren nach zwei, drei, respective vier Tagen überholt.

Während im Warmkasten die schädliche Wirkung des kalkfreien Mediums schon am ersten Tage nach der Einstellung zu beobachten war, war dies im Kaltkasten erst einen Tag später der Fall.

Erster Versuch. Im Warmkasten waren alle Linsen erkrankt:

In der kalkfreien Nährlösung nach 5 Tagen.
» » kalkhältigen » » 7 »

Im Kaltkasten waren in der kalkfreien Nährlösung nach 12 Tagen alle Pflanzen krank; außerdem erkrankten auch im kalkhältigen Substrat 4 Keimlinge.

Der zweite Versuch musste leider unterbrochen werden, bevor alle Pflanzen in den verschiedenen Lösungen erkrankt waren, doch ist trotzdem ein klares Resultat erzielt worden.

Gleichzeitig, und zwar am dritten Tage nach Einstellung in die Kästen, erkrankten im Warmkasten im kalkhältigen Medium 7, im kalkfreien 9 Pflanzen; im Kaltkasten im kalkfreien Substrat bloß eine Linse durch Austritt des Tropfens und Glasigwerden des Stengels.

Wir sehen also auch in diesem Falle, dass die Erkrankung durch die höhere Temperatur nicht nur nicht aufgehalten, sondern sogar begünstigt wurde.

Auch bei dieser Versuchsreihe zeigten sechs der Linsen vor dem Verbrauche der Reservestoffe im Kalkhältigen bei niederer Temperatur, die Krankheitserscheinungen schon nach 5 Tagen. Dieses eigenthümliche Verhalten der Linse scheint durch das Aufziehen im Dunkeln veranlasst zu werden, denn Liebenberg[1] hat bei Versuchen im Licht, im feuchten und trockenen Raume diese Erscheinung nicht beobachten können.

[1] Liebenberg, Untersuchungen über die Rolle des Kalkes bei der Keimung von Samen; l. c. S. 14.

Ervum Lens.

Versuchsreihe Nr.	Datum der Einstellung	Stücke pro Glas und Schale	Tropfenaustritt und glasiger Fleck treten auf nach Tagen				Brauner Fleck tritt auf nach Tagen				Alle Pflanzen erkrankt nach Tagen				Stengel		Wurzeln		Wurzeln gekrümmt nach Tagen				Wurzeln gebräunt nach Tagen				Temperatur in Graden Celsius	
															gegen Kaltkasten zurückgeblieben nach Tagen													
			Wk.*		Kk.**		Wk.		Kk.		Wk.		Kk.		Warmkasten				Wk.		Kk.		Wk.		Kk.			
			Kalk	kalkfrei	Kalk	kalkfrei	Kalk	kalkfrei	Kalk	kalkfrei	Kalk	kalkfrei	Kalk	kalkfrei	Kalk	kalkfrei	Kalk	kalkfrei	Kalk	kalkfrei	Kalk	kalkfrei	Kalk	kalkfrei	Kalk	kalkfrei	Warmkasten	Kaltkasten
I	23./VI.	15	*** 5_{11}	4_{15}	11_{1}	8	5_{5}	4_{3}	11_{5}	.	7	5	.	12	3	4	3	.	4	1	.	.	2	3	.	2	31—34°	17—21°
II	7./VII.	10	3_{7}	3_{9}	5	3_{1}	.	.	.	.	.	4	.	.	2	2	2	.	2	2	.	2	2	2	.	2	32—35	19—20
III	1./VII.	40	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	32—34	19—21
IV	5./VII.	50	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	32—33	19

* Wk. = Warmkasten.

** Kk. = Kaltkasten.

*** Der Index zeigt die Anzahl der erkrankten Pflanzen an.

Die krankhaften Erscheinungen in der kalkfreien Nährlösung sind bei den Linsen: Einschnürung des Stengels unterhalb der ersten Blättchen, Tropfenaustritt, Durchsichtigwerden, Braunfärbung und Faulen an dieser Stelle.

Wie bei den Erbsen, konnte ich auch hier eine verschiedene Färbung der Blättchen im Warmkasten (weißlichgelb) und im Kaltkasten (grünlichgelb) beobachten.

In den kalkfreien Lösungen waren die Wurzeln gebräunt und gekrümmt, sie hatten nur kurze und wenige Nebenwurzeln; zuerst starben die Wurzelspitzen ab. Auch in den kalkhältigen Medien des Warmkastens zeigten die Wurzeln Braunfärbung und waren gekrümmt.

Die Linsen wuchsen nicht in die Höhe, sondern lagen dem Organtin an.

Zur Prüfung des Einflusses der Wärme auf die Entwickelung der Wurzeln bei der Keimung wurden auch mit der Linse zwei Versuche in Krystallisierschalen unternommen.

Der erste Versuch mit 40 Linsen begann am 1. Juli, der zweite mit 50 Stück am 5. Juli.

Die Temperatur betrug während der Versuchsdauer:

im Warmkasten 32—34°, im Kaltkasten 19—21° C.,

respective

im Warmkasten 32—33°, im Kaltkasten 19° C.

Beim ersten Versuche waren am zweiten Tage im Warmkasten bei 10, im Kaltkasten bei 28 Pflanzen die Wurzeln vum Vorschein gekommen.

Am 5. Juli keimten von den 40 Linsen im Warmkasten 29 und hatten die Wurzeln eine Gesammtlänge von 268 *mm*, 4 Wurzeln waren verfault, einige braun gefärbt, andere wiederum waren abgestorben.

Im Kaltkasten hatten sich bei 39 Stück die Wurzeln entwickelt und hatten ein gesundes Aussehen.

Die Gesammtlänge betrug 931 *mm*.

Beim zweiten Versuche ergab sich folgendes Endresultat:

Warmkasten. . . . Von 50 Linsen keimen 29, Wurzellänge 380 *mm*.
Kaltkasten . . . . . » 50 » » 50, » 1887

Vicia sativa.

Die Krankheitserscheinungen waren hier wiederum Bräunung der Wurzeln, dann am Stengel: Tropfenaustritt, Durchsichtigwerden und braune Färbung der Stelle unterhalb der Nutationskrümmung. Die Culturen wurden eingestellt am 29. October.

Alle Pflanzen waren erkrankt:

Im Warmkasten: Kalk: am 5. November, Temperatur 31 bis 34°.
Kalkfrei: » 3. »
» Kaltkasten: » » 7. » » 17 » 20°.

Die Stengel im Warmkasten waren dicker, wie die im Kaltkasten und wurden die Pflanzen im ersteren von denen im letzteren bald in der Länge überholt.

Cucurbita Pepo.

Im Warmkasten waren alle Pflanzen im kalkfreien Medium nach 3, im kalkhältigen nach 11 Tagen und in der kalkfreien Lösung des Kaltkastens auch nach 11 Tagen erkrankt.

Die Keimlinge in der kalkhältigen Nährlösung bei niederer Temperatur hatten zur Zeit der Unterbrechung des Versuches schöne, weiße Wurzeln und zahlreiche lange Nebenwurzeln, und das hypocotyle Glied und die Blätter sahen gesund aus.

Am zwölften Tage wurden die Pflanzen entfernt und gemessen.

Warmkasten, 25 bis 32° C.:

	Hypocotyles Glied	Wurzeln
Kalkhältige Lösung	71·2 *cm*	50·7 *cm*
Kalkfreie Lösung (Hypocotyl mit Wurzel)	25·9 *cm*	

Kaltkasten, 18 bis 29°:

	Hypocotyles Glied	Wurzeln
Kalkhältige Lösung	55·7	65·5
Kalkfreie Lösung	16·1	22

Die Krankheitserscheinungen traten unterhalb der Krümmung auf und waren dieselben, wie sie bereits bei der Erbse und Linse beschrieben wurden.

Ricinus communis.

Die Versuche mit *Ricinus* waren auch insoferne interessant als bei dieser Pflanze Fett und Eiweiß, und nicht Stärke als Reservestoff fungiert.

Zuerst erkrankten auch hier die Keimlinge in der kalkfreien Nährlösung im Warmkasten (am vierten Tage), am nächsten Tage waren schon alle von der Krankheit ergriffen. Am zehnten Tage waren die Krankheitserscheinungen in der kalkfreien Lösung des Kaltkastens zu beobachten.

Am eilften Tage waren in der kalkhältigen Lösung im Warmkasten bei drei Pflanzen die Blätter geschwärzt und unterhalb derselben trat eine Bräunung des Stengels auf.

Dies war aber nicht die directe, sondern nur eine indirecte Wirkung der höheren Temperatur, indem bei 27 bis 34° C. ein schnellerer Verbrauch der Reservestoffe, wie bei 16 bis 25° C. stattfand.

Die Hypocotyle im kalkhältigen Medium des Warmkastens waren am fünften Tage circa 10mal so lang, wie die der Keimlinge im gleichen Medium im Kaltkasten; die ersteren wurden erst nach Erschöpfung der Reservestoffe von den letzteren erreicht.

Das hypocotyle Glied der Keimlinge in den kalkfreien Flüssigkeiten blieb in beiden Kästen gleich von Anfang an stark zurück, doch war es im Warmkasten etwas länger wie im Kaltkasten.

Die Cotyledonen nahmen in der kalkhältigen Lösung bei 27 bis 34° eine bedeutende Größe an, die von den Pflanzen in den anderen Lösungen und in der gleichen Nährlösung bei 16 bis 25° nicht erreicht wurde. In letzterer waren die Cotyledonen kleiner wie im kalkfreien Medium bei höherer Temperatur und größer wie in der kalkfreien Nährstofflösung bei niedriger Temperatur.

Die Wurzeln entwickelten sich anfangs am schönsten in den kalkhältigen Lösungen im Warmkasten und übertrafen die im Kaltkasten an Länge. Erst am siebenten Tage änderte sich dies; die Wurzeln und Nebenwurzeln blieben im ersten Kasten gegen die anderen zurück, nur waren die Nebenwurzeln dort zahlreicher entwickelt, wie hier.

In den kalkfreien Nährlösungen blieben die Wurzeln gleich zu Beginn des Versuches im Wachsthume zurück.

Am zweiten Tage trat schon bei einigen eine Schwarzfärbung des unteren Theiles ein. Nebenwurzeln kamen nur wenige zur Entwickelung und färbten sich alsbald braun.

Die Rosafärbung des hypocotylen Gliedes an der Krümmung trat an den Pflanzen im Warmkasten früher auf, wie an denen im Kaltkasten und war an den Keimlingen in kalkfreien Substraten intensiver wie an denenin kalkhältigen, und erhielt sich auch noch während ein Theil des Hypocotyls schon abgefault war.

Die Krankheitserscheinungen waren die bekannten, doch traten die einzelnen Stadien hier besonders rasch hintereinander auf.

Linum usitatissimum.

Die erste Erkrankung zeigte sich:

im Warmkasten	im kalkfreien Medium.....	nach 6 Tagen;
	im kalkhältigen Medium...	» 8 »
im Kaltkasten	im kalkfreien Medium.....	» 9 »

Alle Pflanzen waren erkrankt:

im Warmkasten	im kalkfreien Medium.....	nach 9 Tagen.
	im kalkhältigen Medium...	» 16 »
im Kaltkasten	im kalkfreien Medium.....	» 17 »

Im kalkhältigen Medium des Kaltkastens waren die Keimlinge um diese Zeit (nach 17 Tagen) gesund.

Die Cotyledonen haben in beiden Lösungen bei höherer Temperatur eine bräunlichgelbe Farbe, während dieselbe bei niederer Temperatur hellgelb ist.

In der kalkhältigen Flüssigkeit des Warmkastens fehlten die Nebenwurzeln, während dieselben im Kaltkasten entwickelt waren. Die Krankheitserscheinungen waren dieselben, wie die bereits öfters beschriebenen.

Lepidium sativum.

Bei der Kresse war die schädliche Wirkung der höheren Temperatur auch deutlich zu beobachten.

Wie beim Lein, so blieben auch hier die Pflanzen in den Nährlösungen im Warmkasten gegen die im Kaltkasten gleich von Anfang an zurück.

Im Warmkasten waren alle Pflanzen erkrankt (Temperatur 26 bis 36°):

in der kalkfreien Lösung nach .... 9 Tagen.
in der kalkhältigen Lösung nach .....15 »

Im Kaltkasten wiesen in der kalkfreien Lösung nach 19 Tagen alle Keimlinge Symptome der Erkrankung auf, während die Entwickelung im kalkhältigen Medium normal war. Temperatur 18 bis 24°.

Polygonum Fagopyrum.

Auch hier wurden erst, und zwar schon nach 4 Tagen, nach vorausgegangener Bräunung und Krümmung der Wurzeln alle Pflanzen des kalkfreien Mediums im Warmkasten von der Krankheit ergriffen, während dies im Kaltkasten erst später der Fall war. Hier war nach 4 Tagen erst die Bräunung des hypocotylen Gliedes bei zwei Pflanzen zu beobachten.

Die Culturen im Warmkasten waren denen im Kaltkasten bedeutend voraus und wurden erst am siebenten Tage überholt.

Carum Carvi.

Die Resultate der Versuche mit Kümmel waren dieselben wie bei den bereits besprochenen Pflanzenarten.

Die höhere Temperatur verursachte auch hier eine schnellere Erkrankung der Pflänzchen in der kalkfreien Lösung, und zwar bereits am sechsten Tage, während bei niederer Temperatur am 16. Tage noch zwei Keimlinge gesund waren.

Messungen, die an Pflanzen eines Versuches, der nach 12 Tagen unterbrochen wurde, gemacht wurden, ergaben:

		Hypocotyles Glied	Wurzeln
Warmkasten:			
Kalk:	19 Pflanzen	42·7 *cm*	44·9 *cm*
kalkfrei:	17 »	34·2	15·3
Kaltkasten:			
Kalk:	18 Pflanzen	60·4	56·5
kalkfrei:	19 »	45·3	18·9

Papaver somniferum.

Die Krankheitssymptome an den einzelnen Individuen waren hier wegen der Kleinheit der Pflänzchen nur schwer zu beobachten, dagegen war leicht zu constatieren, dass hier die höhere Temperatur auch schädlich ist.

Im Warmkasten (31 bis 34°, 32 bis 36°) waren alle Mohnpflanzen in der kalkhältigen Flüssigkeit am 5., respective 9., in der kalkfreien am 8., respective 9. Tage erkrankt.

Im Kaltkasten (15 bis 23°, 16 bis 25°) waren beim ersten Versuche erst am 13. Tage alle Pflanzen in beiden Medien von der Krankheit ergriffen, während beim zweiten Versuche am 21. Tage noch nicht alle Pflänzchen in beiden Nährlösungen die Erkrankung zeigten.

Wir sehen hier, dass bei höherer Temperatur die Keimlinge im kalkhältigen Substrat gleichzeitig oder sogar früher zugrunde gehen, wie im kalkfreien Medium.

Im Warmkasten waren die Blättchen des Mohns gelblicher, wie im Kaltkasten, wo sie bräunlichgelb waren.

An der Nutation war die Färbung im Kaltkasten in der kalkhältigen Nährlösung dunkelbraun, in der kalkfreien braun. In der kalkhältigen Lösung des Warmkastens war die Farbe nicht so intensiv, wie in der gleichen Flüssigkeit bei niederer Temperatur, während in der kalkfreien Nährlösung die Braunfärbung überhaupt fehlte.

Im Kalkfreien im Kaltkasten legten sich die Pflänzchen dem Stoffe, an dem sie befestigt waren, an.

Cannabis sativa.

Es wurden vier Versuchsreihen aufgestellt.

Erster Versuch. Am 5. Tage nach der Einstellung konnte man in der kalkhältigen Nährlösung des Warmkastens bei einer, und in der kalkfreien Nährlösung bei zwei Hanfpflanzen bereits ein fortgeschritteneres Stadium der Erkrankung beobachten, während am selben Tage in der kalkfreien Lösung im Kaltkasten eine Pflanze den Tropfen und eine andere die glasige Stelle aufwies. Der Versuch musste nach 8 Tagen abgebrochen werden. Das Resultat war folgendes:

Warmkasten: Kalk: Eine Pflanze hatte eine faulende Stelle am hypocotylen Glied, bei zweien war das Hypocotyl geplatzt.

Kalkfrei: Bis auf zwei Keimlinge waren alle erkrankt. Die Wurzeln waren gebräunt.

Kaltkasten: Kalk: Der Hanf entwickelte sich hier normal und hatte ein gesundes Aussehen.

Kalkfrei: Die Erkrankung war an allen Pflänzchen in den verschiedensten Stadien (Tropfenaustritt, glasige Stelle, brauner Fleck) zu constatieren. Die Wurzeln waren bräunlich.

Zweiter Versuch. Die ersten Krankheitserscheinungen waren zu beobachten:

im Warmkasten:	Kalk	nach	8	Tagen.
	kalkfrei	»	3	»
im Kaltkasten:	»	»	4	»
	Kalk	»	9	»

Alle Pflanzen waren erkrankt:

im Warmkasten:	Kalk	nach	12	Tagen.
	kalkfrei	»	5	»
im Kaltkasten:	Kalk	»	11	»
	kalkfrei	»	9	»

Dritter Versuch. Zur Zeit des Abschlusses waren im Warmkasten im Kalkhältigen bis auf 2 Pflanzen alle erkrankt, im Kalkfreien faulten bereits alle.

Im Kaltkasten waren im kalkhältigen Medium alle Pflanzen normal entwickelt und im kalkfreien war die Erkrankung noch nicht so fortgeschritten, wie in der gleichen Lösung des Warmkastens.

Vierter Versuch. Der vierte Versuch wurde im Lichte durchgeführt. Der Hanf, der bei niederer Temperatur gezogen werden sollte, wurde unter einer Glasglocke im Zimmer, in der Nähe des Fensters, aufgestellt, doch war leider die Beleuchtung, da der Versuch von Ende October bis Anfang November dauerte, nicht genügend intensiv. Die Temperatur war 10 bis 17° R.

Die bei hoher Temperatur zu ziehenden Pflanzen wurden in einem Glaskasten in der Nähe des Fensters, in dem die Temperatur 30 bis 32° C. betrug, unter Glasglocken aufgestellt.

Im Warmkasten waren die ersten Krankheitserscheinungen sichtbar:

im kalkhältigen Substrat nach 7 Tagen.
» kalkfreien » » 4 »

Alle Pflanzen waren in diesem Kasten erkrankt:

im kalkhältigen Medium nach 9 Tagen.
» kalkfreien » » 7 »

Bei der Zimmercultur waren nach 20 Tagen alle Keimlinge, bis auf einen in der kalkfreien Nährstofflösung krank.

Aus diesen Daten ersieht man auch, dass der Hanf des Kalkes zu seiner Entwickelung bedarf und dass die hohe Temperatur für sein Fortkommen nicht von Vortheil ist.

Bei den Culturen im Dunkeln waren die hypocotylen Glieder im Warmkasten in beiden Nährlösungen dicker wie im Kaltkasten. In letzterem waren in beiden Lösungen die Krümmungen violett gefärbt und die Blätter dunkelgelb, während in ersterem die Blätter heller gelb waren und die Färbung der Nutationen fehlte.

Bei den Lichtculturen waren die Cotyledonen im kalkfreien Medium des Warmkastens erst gelbgrün und wurden erst später dunkelgrün. Auch die Farbe der Cotyledonen in der kalkhältigen Nährlösung war nicht so schön dunkelgrün, wie die der in derselben Lösung befindlichen Pflanzen im Zimmer. Die Hypocotyle und Wurzeln waren hier auch dicker wie in den Zimmerculturen.

Da es von Interesse ist, die Wirkung des Kalkmangels und der höheren Temperatur auch bei Kalioxalat speichernden Pflanzen, die eine größere Menge desselben vertragen, zu studieren, habe ich auch Versuche mit Sauerampfer gemacht, einer

Pflanze, bei der es zur Anhäufung des vorerwähnten Salzes und von Calciumoxalaten kommt.

Rumex Acetosa.

Bei einem Versuche wurden nach 16tägiger Versuchsdauer, nachdem im Warmkasten die Pflänzchen schon längst zugrunde gegangen waren, die Keimlinge im Kaltkasten, wo eine Erkrankung nur an wenigen Individuen zu beobachten war, gemessen, und es ergab sich für die im Kalksubstrat gezogenen eine Gesammtlänge von 124·7 *cm* und für die ohne Kalk cultivierten eine Gesammtlänge von 102·4 *cm*.

Bei einem zweiten Versuche waren im Warmkasten im kalkhältigen Medium nach 11, im kalkfreien nach 12 Tagen alle Pflanzen erkrankt; während im Kaltkasten zur Zeit, als die Culturen entfernt wurden (nach 15 Tagen) in der Kalklösung 6 und in der Lösung ohne Kalk 20 von den Versuchspflanzen erkrankt waren.

Aus obigem ist die schädliche Wirkung des fehlenden Kalkes und der höheren Temperatur zu ersehen.

Außer den gewöhnlichen Krankheitserscheinungen trat hier bei den von der Krankheit befallenen Pflanzen eine Rothfärbung des hypocotylen Gliedes unterhalb der Cotyledonen und dieser selbst auf.

Helianthus annuus.

Bei *Helianthus annuus* konnte die schädliche Wirkung des Kalkmangels durch erhöhte Temperatur auch nicht behoben werden; doch erkrankten hier die ohne Calcium gezogenen Pflanzen, im Gegensatze zu den bisherigen Versuchen, im Warmkasten erst nach denen im Kaltkasten.

Dieses Ergebnis muss aber auf einer fehlerhaften Versuchsanstellung beruhen, denn ein mit größter Vorsicht angestellter Controlversuch ergab folgendes Resultat:

Im Warmkasten waren im kalkhältigen Medium nach 11 Tagen nur mehr drei Pflanzen noch gesund, im kalkfreien hatten nach 7 Tagen drei Pflanzen einen braunen Fleck am hypocotylen Gliede, während in der gleichen Flüssigkeit im Kaltkasten am selben Tage nur eine Pflanze diese Erkrankung aufwies.

Es waren alle Keimlinge zugrunde gegangen:

im Warmkasten:	Kalk	nach	19	Tagen.
	kalkfrei.....	»	20	»
im Kaltkasten:	kalkfrei	»	26	»

Während in der kalkfreien Lösung 20 Tage nach der Einstellung, im Warmkasten alle Sonnenblumen abgestorben waren, waren im Kaltkasten 6 Pflanzen noch nicht am Hypocotyl erkrankt.

Die Krankheit begann bei *Helianthus annuus* mit einer Bräunung der Wurzelspitzen, bald darauf bräunte sich die ganze Wurzel, sie wurde immer

dunkler, bis sie ein schwärzliches Aussehen hatte. Nun faulte die Wurzel ab und blieb schließlich von ihr nur ein ganz kleiner Stumpf übrig.

Am hypocotylen Gliede machte sich die Erkrankung auf zweierlei Art bemerkbar. Es trat auf demselben ein brauner Fleck auf, der sich dann gegen die Cotyledonen und die Wurzel ausbreitete, oder es zog sich die Bräunung und das Faulen von der Ansatzstelle der Wurzel am Hypocotyl herauf, bis die Cotyledonen erreicht und auch davon ergriffen wurden.

Ich untersuchte auch zwei Coniferen, und zwar *Larix europaea* und *Pinus silvestris* auf ihr Verhalten gegen Kalkmangel im Substrate und gegen erhöhte Temperatur bei der Keimung.

Pinus silvestris.

Ein Faulen des hypocotylen Gliedes konnte zuerst beobachtet werden:

im Warmkasten:	kalkhältige Nährlösung	.....	nach	8 Tagen.
	kalkfreie »	.....	»	6 »
im Kaltkasten:	» »	.....	»	14 »

Es waren alle Pflanzen erkrankt:

im Kaltkasten:	Temperatur 16 bis 25°,	kalkfreie Nährlösung	nach	20	Tagen,
» Warmkasten:	» 27 » 34	» »	»	7	»
» »		kalkhältige »	»	9	»

während am 26. Tage nach der Einstellung die Pflanzen in der kalkhältigen Nährlösung im Kaltkasten noch ein gesundes Aussehen hatten.

In letzterem Kasten stieg die Temperatur einmal, und zwar schon gegen Schluss des Versuches, auf 29° C.

Aus obiger Zusammenstellung geht hervor, dass die Kieferkeimlinge zu ihrer Entwickelung den Kalk benöthigen und dass bei einer Temperatur von 27 bis 34° die Erkrankung und das Absterben bedeutend früher eintritt.

Die Erkrankung macht sich auch hier durch das Auftreten einer glasigen Stelle unterhalb der Cotyledonen am hypocotylen Gliede bemerkbar. (Einen Tropfenaustritt habe ich, vielleicht auch nur zufällig, nicht constatieren können).

Die Stelle fängt alsbald an zu faulen und die Cotyledonen, die eine dunkle, gelbgrüne Farbe annehmen, und das ganze Hypocotyl werden von der Krankheit ergriffen.

Die Pflanzen waren im Kalksubstrat des Warmkastens an der Nutation braunviolett gefärbt, während dies in dem kalkfreien Substrat nicht der Fall war.

Im Kaltkasten war die Nutationskrümmung in beiden Lösungen rosa gefärbt.

Eigenthümlich war auch die Rosafärbung des hypocotylen Gliedes.

Vier Tage nach der Einstellung war diese Erscheinung am ausgebreitetsten im Warmkasten, und zwar in der Kalklösung an sechs, in der kalkfreien Lösung an vier Individuen und gieng von nun ab zurück.

Nach weiteren 8 Tagen wiesen die hypocotylen Glieder aller Pflanzen im Kaltkasten sowohl in der kalkhältigen, wie in der kalkfreien Lösung die Rosafärbung auf und entfärbte sich das Hypocotyl im kalkfreien Medium erst beim Auftreten der glasigen Stelle, es wurde dann gelbgrün.

Der Befund bei

Larix europaea

stimmt mit dem bei *Pinus silvestris* überein.

Es waren auch bei der Lärche zuerst alle Pflanzen in der kalkfreien Nährlösung des Warmkastens (30 bis 35°) erkrankt, dann folgten die in der kalkhältigen, schließlich die in der kalkfreien Lösung des Kaltkastens.

Von Gramineen wurden beobachtet: Korn, Weizen, Gerste, Hafer und Mais.

Die Erkrankungserscheinungen beim Mais wurden von Stohmann und Liebenberg beschrieben und gleichen dieselben im allgemeinen denen bei den anderen Gräsern.

Die Erscheinungen sind hier nicht so gleichmäßig, wie bei den bisher besprochenen Pflanzen und äußern sich auch nicht so scharf.

Secale cereale.

Die ersten Krankheitserscheinungen waren zu constatieren:

im Warmkasten: in der kalkfreien Nährlösung nach 3 Tagen.
» » kalkhältigen » » 3 »

Alle Pflanzen waren hier erkrankt:

in der kalkhältigen Nährlösung nach 10 Tagen.
» » kalkfreien » » 8 »

Die Temperatur betrug 32 bis 35°.

Im Kaltkasten (19 bis 21°) war nach 10 Tagen in der kalkfreien Lösung an zwei Pflanzen die glasige Stelle zum Vorschein gekommen. Nach 12 Tagen wurde der Versuch abgebrochen und zeigten um diese Zeit die Pflanzen im kalkhältigen Medium eine normale Entwickelung.

Zweiter Versuch. Hier war der schädigende Einfluss der höheren Temperatur und des Kalkmangels deutlich sichtbar.

Die ersten Krankheitssymptome traten auf:

im Warmkasten (31 bis 35°):

im kalkhältigen Medium nach 4 Tagen,
» kalkfreien » » 4 »

im Kaltkasten (15 bis 23°):

im kalkfreien Medium nach 11 Tagen.

Alle Individuen der Cultur waren erkrankt:

im Warmkasten:	in der kalkhältigen Lösung	nach	11	Tagen,
	» » kalkfreien »	»	8	»
im Kaltkasten:	» » » »	»	18	»

während im Kaltkasten in der kalkhältigen Lösung um diese Zeit alle Pflanzen noch gesund waren.

Die bei höherer Temperatur gezüchteten Pflanzen waren von den bei niederer Temperatur gezogenen auf den ersten Blick durch das Fehlen der Rosafärbung der Spitzen der ersten Blätter und der folgenden Blätter zu unterscheiden. Besonders schön und allgemein war die Färbung in der kalkhältigen Lösung, in der kalkfreien konnte sie nicht an allen Pflanzen constatiert werden.

Die Krankheitserscheinungen infolge von Kalkmangel waren hier folgende:

Die Pflanzen blieben gegen die im kalkhältigen Medium bald zurück und hatten ein krankhaftes Aussehen. Die Stengel und Blätter waren kleiner und schmäler, wie die in der Kalklösung und die Wurzeln, welche gebräunt und gekrümmt waren und denen ein starker Wurzelhaarbesatz fehlte, stellten das Wachsthum ein und waren hier auch nicht so zahlreich vorhanden.

Ein krankhafter Tropfenaustritt war wegen des Auftretens von Wassertropfen im dunstgesättigten Raume bei Gramineen nicht zu constatieren, doch waren diese Tropfen bei einigen Pflanzen, die bald darauf erkrankten, getrübt und enthielten Bakterien.

Der glasige Fleck trat bald am Stengel, bald auf den Blättern auf, die Stelle wurde braun und breitete sich immer mehr und mehr aus.

Triticum vulgare.

Auch beim Weizen, mit dem Dehérain ebenfalls Versuche angestellt hatte, war es deutlich ersichtlich, dass die Temperatur von 30 bis 35° nicht im Stande ist, die schädliche Wirkung des Kalkmangels zu beheben, sondern dieselbe sogar beschleunigt.

Es wurden vier Versuchsreihen aufgestellt, wovon ich das Ergebnis des zweiten und dritten Versuches mittheile.

Zweiter Versuch. Erstes Auftreten der Erkrankung:

im Warmkasten (29 bis 34°):	Kalk	nach	9 Tagen.
	kalkfrei	»	6 »
im Kaltkasten (16 bis 20°):	»	»	12 »

Nach 18 Tagen wurde der Versuch abgebrochen. Im Warmkasten waren in der kalkhältigen Lösung bereits nach 15, in der kalkfreien nach 17 Tagen alle Pflanzen erkrankt, während im Kaltkasten am 18. Tage im kalkfreien Medium bloß drei Keimlinge die Erkrankung zeigten und im kalkhältigen sich alle normal entwickelten.

Dritter Versuch. Erstes Auftreten der Erkrankung:

im Warmkasten (31 bis 34°):	Kalk	nach	11 Tagen.
	kalkfrei ...	»	7 »
im Kaltkasten (17 bis 21°):	» ...	»	10 »

Alle Pflanzen waren erkrankt:

im Warmkasten:	Kalk	nach	16 Tagen.
	kalkfrei	»	14 »
im Kaltkasten:	»	»	19 »

Im kalkhältigen Medium waren alle Pflanzen gesund.

Der Weizen im Warmkasten unterschied sich von dem im Kaltkasten durch die hellere Farbe und breitere Spreite der Blätter; außerdem waren in ersterem im kalkhältigen Medium die Wurzelhaare nicht so schön entwickelt wie in letzterem.

Die Erkrankung trat sehr verschiedenartig auf.

Bald konnte man den glasigen Fleck am ersten Blatt, an den folgenden Blättern oder am Stengel beobachten, bald trat eine Bräunung der Blattspreiten, Blattscheiden oder Blattspitzen auf. In anderen Fällen wieder, trat die Braunfärbung an der Ansatzstelle des Stengels an den Samen auf.

Hordeum vulgare.

Die Culturen in der kalkfreien Nährlösung waren im Warmkasten nach 10 Tagen im Absterben begriffen, während dies bei denen im Kaltkasten nach 17 Tagen noch nicht der Fall war.

Die bei niedrigerer Temperatur gezogenen Pflanzen hatten breitere und dunkler gefärbte Blätter wie die bei höherer Temperatur cultivierten.

Auch hier war, wie beim Weizen, der günstige Einfluss der Wärme auf das frühere Hervortreten der Blätter zu constatieren. Im Warmkasten waren die zweiten Blättchen in beiden Lösungen bereits nach zwei Tagen bei allen Pflanzen hervorgekommen, während dies im Kaltkasten nach drei Tagen noch nicht der Fall war.

Die Pflanzen im Warmkasten waren anfangs länger wie die im Kaltkasten, doch wurden sie von diesen im kalkfreien Medium nach vier, im kalkhältigen nach sechs bis acht Tagen überholt.

Die Krankheitserscheinungen bei den kalkfrei gezogenen Keimlingen waren:

Zurückbleiben im Wachsthume; Auftreten der gebräunten Stelle an verschiedenen Theilen der Pflanze.

Avena sativa.

Es waren alle Pflanzen erkrankt:

im Warmkasten:	Kalk......	nach	14 Tagen.
	kalkfrei ...	»	14 »
im Kaltkasten:	» ...	»	18 »

Im kalkhältigen Substrat des Kaltkastens hatten die Keimlinge um diese Zeit ein gesundes Aussehen.

Bei höherer Temperatur waren die Blätter breiter und dunkler gelb, wie bei niederer.

Krankheitserscheinungen: Zurückbleiben im Wachsthume: die Pflanzen werden welk; die Wurzeln sind gebräunt; Bräunung der Blattspitzen und des Stengels.

Auch Durchsichtigwerden konnte an den Blättern beobachtet werden.

Zea Mays.

Die von mir erzielten Resultate, betreffs des Kalkbedarfes des Mais und die Wirkung des Kalkmangels auf denselben stimmen mit denen von Stohmann und Liebenberg erlangten überein.

Dagegen fand ich auch hier die Ansicht Dehérains nicht bestätigt, denn es giengen auch beim Mais die bei 30 bis 35° gezogenen Pflanzen in beiden Nährlösungen früher zugrunde, wie die bei niedriger Temperatur.

Erster Versuch. Erstes Auftreten der Erkrankung:

im Warmkasten (29 bis 34°):	kalkhältige Lösung......	nach	5 Tagen.
	kalkfreie »	»	3 »
im Kaltkasten (17 bis 19°):	» »	»	8 »

Alle Pflanzen zeigten die Erkrankung:

im Warmkasten:	kalkhältige Lösung......	nach	6 Tagen.
	kalkfreie »	»	6 »
im Kaltkasten:	» »	»	18 »

Zweiter Versuch. Die Krankheit trat zuerst auf:

im Warmkasten (31 bis 34°):	in der kalkhältigen Lösung...	nach	4 Tagen,
	» » kalkfreien » ...	»	1 Tage,
im Kaltkasten:	» » » » ...	»	5 Tagen.

Alle Pflanzen waren erkrankt:

im Warmkasten:	in der kalkhältigen Lösung...	nach	6	Tagen.
	» » kalkfreien » ...	»	4	»
im Kaltkasten (17 bis 21°);	» » » » ...	»	14	»

In der kalkhältigen Lösung waren alle Keimlinge gesund.

Im Warmkasten waren die Blätter heller gelb und breiter wie im Kaltkasten.

Die Erkrankung verlief in der Weise, wie dies für die anderen Getreidearten bereits beschrieben wurde.

An den Blattspitzen, an der Blattscheide oder an der Blattspreite trat ein glasiger oder brauner Fleck auf, von dem aus sich die Krankheit über die ganze Pflanze ausbreitete. Die Wurzeln waren in den kalkfreien Medien nur spärlich, gekrümmt und gebräunt.

Einfluss des Kalkmangels auf die Bohnen.

Phaseolus multiflorus und *vulgaris*.

Beide Arten wurden zu den Versuchen verwendet.

Um den Einfluss des Kalkmangels auf die Bohnen (*Phaseolus vulgaris*) festzustellen, wurde eine größere Anzahl Pflanzen (200 Stück) in kalkhältiger und kalkfreier Nährlösung bei einer Temperatur von 19 bis 23° (einmal stieg dieselbe auf 29° C.) gezogen und an denselben die Krankheitserscheinungen beobachtet. Die hiebei erzielten Resultate habe ich auf S. 3 beschrieben.

Ich konnte hier auch die von vielen Forschern bereits erwähnte Thatsache constatieren, dass sich im kalkfreien Medium einige Pflanzen besser entwickelten, wie die übrigen und, obzwar die Wurzeln abgestorben waren, blieb das hypocotyle Glied dieser Individuen, die die anderen an Länge überragten, durch längere Zeit gesund, was durch den größeren Kalkgehalt der Cotyledonen dieser Keimlinge bedingt ist.

Bei einem Versuche, bei dem nur je acht Bohnen (*Phaseolus multiflorus*) in Cultur kamen, ergab die Messung an dem Tage, an dem in der kalkfreien Nährlösung alle Pflanzen erkrankt waren, in diesem Substrat eine Gesammtlänge des Stengels von 32·5 *cm* und in der kalkhältigen Lösung eine solche von 169·5 *cm*. Die Temperatur war 20 bis 24°.

Verhalten der ohne Kalk gezogenen Bohnen im trockenen und dunstgesättigten Raume.

Es folgten nun Versuche, die zeigen sollten, wie sich die ohne Calcium gezogenen Keimlinge von *Phaseolus vulgaris* im dunstgesättigten und trockenen Raume verhalten.

Der Versuch begann am 11. December mit Einstellung von je 30 Bohnen in der kalkfreien Knop'schen Nährlösung.

Die Krankheit trat bei beiden unter den bekannten Symptomen auf. Am 15. December waren im trockenen Raume 17, im dunstgesättigten 13 Pflanzen erkrankt. In letzterem kamen bei 4 Bohnen die ersten Blättchen zum Vorscheine.

Am 16. December waren von den 30 eingestellten Pflanzen im trockenen Raume nur noch 5, im dunstgesättigten noch 10 gesund.

Hier waren bei 6 Individuen die Primordialblätter hervorgekommen, während dies im trockenen Raume noch bei keiner Bohne der Fall war.

Am 19. December war im trockenen Raume nur noch eine Versuchspflanze, am Hypocotyl, nicht von der Krankheit ergriffen. Die Bohnen hatten ein vertrocknetes Aussehen und lagen schlaff dem Organtin auf. Die erkrankte Stelle vertrocknete und schrumpfte hier früher zusammen, wie im dunstgesättigten Raume, wo auch die Wurzeln nicht so stark gebräunt waren. Bei 10 Pflanzen waren die Primordialblätter, die aber ganz klein und verschrumpft waren, erschienen.

Im dunstgesättigten Raume waren um diese Zeit auch alle Keimlinge an den Wurzeln und, bis auf vier, auch alle am hypocotylen Gliede erkrankt, doch hatten sie ein frischeres und saftigeres Aussehen, als die Pflanzen des Controlversuches. Bei 17 Bohnen waren die Blätter zum Vorschein gekommen.

Am 22. December waren im trockenen und dunstgesättigten Raume alle Keimlinge erkrankt und wurden gemessen.

Die Längen betrugen im dunstgesättigten Raume:

hypocotyles Glied.......... 86·6 *cm*;
Wurzeln................... 47

(bei 21 Pflanzen hatten sich die Blättchen entwickelt);

im trockenen Raume:

hypocotyles Glied.......... 74·5 *cm*;
Wurzeln .... 41·2

(die ersten Blättchen kaum entwickelt).

Im trockenen Raume tritt die Erkrankung schneller ein und das Wachsthum der Wurzeln, hypocotylen Glieder und Blätter bleibt gegen den dunstgesättigen Raum zurück.

Einfluss der höheren Temperatur.

Zur Lösung der Frage, welchen Einfluss die höhere Temperatur auf Bohnenkeimlinge hat, die genügend Kalk zu ihrer Ernährung im Substrat haben, wurden zwei Versuche unternommen.

Beim ersten wurden Bohnen (*Phaseolus multiflorus*) in Gläsern mit kalkhältigen Nährlösungen, beim zweiten in Töpfen mit Gartenerde, im Warmkasten und Kaltkasten cultiviert.

Erster Versuch. In den ersten Tagen nach der Einstellung entwickelten sich die Keimlinge im Warmkasten besser als die im Kaltkasten, doch nach

3 Tagen war das Verhältnis bereits ein umgekehrtes und bei einer Pflanze im ersteren Kasten trat der braune Fleck am Epicotyl auf.

Nach 5 Tagen hatte die Hälfte der Pflanzen bereits die gebräunte Stelle. Die noch gesunden Keimlinge hatten besonders dicke Epicotyle.

Die Farbe der Blätter war weißlichgelb, dagegen im Kaltkasten dunkelgelb.

Nach 7 Tagen waren im temperierten Kasten alle Pflanzen erkrankt. Es entwickelten sich Seitentriebe, die auch wieder erkrankten. Im Kaltkasten zeigten sich die Bohnen nach 13 Tagen noch ganz normal.

Zweiter Versuch. Bei der Topfcultur blieben die Bohnen (*Phaseolus multiflorus*) im Warmkasten gleich gegen die im Kaltkasten zurück. Das Epicotyl, die Blattstiele und die sich später entwickelnden Seitentriebe waren dort viel dicker und die Farbe der Blätter war weißlichgelb, während sie im Kaltkasten dunkelgelb war.

Nach 4 Tagen wurden die Epicotyle gemessen:

Die Gesammtlänge im Warmkasten war 10·5 *cm*, im Kaltkasten 22·9 *cm*. Am nächsten Tage betrug die Länge der Epicotyle im Warmkasten 15 *cm*; der Epicotylumfang 8·9 *cm*; im Kaltkasten: die Epicotyllänge 37·4 *cm*, der Umfang 7 5 *cm*.

An diesem Tage trat der erste glasige Fleck an einer Pflanze des Warmkastens auf und nach weiteren 3 Tagen waren hier alle Keimlinge erkrankt, während sie sich im Kaltkasten schön weiterentwickelten. Die Temperatur der Erde im Warmkasten war 30 bis 31° C.

Das erzielte Resultat stimmt nicht mit dem Befunde überein, den Sachs[1] in seinen Untersuchungen über die Abhängigkeit der Keimung von der Temperatur angibt.

Er führt bei *Phaseolus multiflorus* als Maximum 37°, Optimum 27° und Minimum 7·5° R. an.

Das Maximum war bei meinen Versuchen nicht erreicht worden, doch machte sich die schädliche Wirkung der höheren Bodentemperatur recht bald bemerkbar.

Die nächsten Versuche galten der Untersuchung über den Einfluss der höheren Temperatur auf die kalkfrei gezogenen Bohnen.

Es wurde auch ein Versuch im Lichte angestellt, um zu constatieren, ob nicht hier, wo die Erkrankung später wie im Dunkeln eintritt, die höhere Temperatur auf die Entwickelung der ohne Kalk gezogenen Pflanzen günstig einwirkt.

Dass Liebenberg ein schnelleres Absterben der Pflanzen bei größerer Wärme festgestellt hat, habe ich bereits erwähnt.

[1] Sachs, Physiologische Untersuchungen über die Abhängigkeit der Keimung von der Temperatur. Pringsheims Jahrb. II, 1860, S. 353.

Am 6. Mai begann ich einen Versuch mit Einstellung von je 6 Bohnen (*Phaseolus multiflorus*) in kalkhältige und kalkfreie Nährlösungen im Warmkasten und Kaltkasten.

9. Mai. Warmkasten (31 bis 33°). Kalklösung: Aussehen der Pflanzen gesund. Die Wurzeln waren schön weiß und es hatten sich bereits Nebenwurzeln erster Ordnung entwickelt.

Kalkfreie Lösung: Wurzeln kurz, wenig entwickelt, dunkelgefärbt, keine Nebenwurzeln, drei Pflanzen haben den braunen Fleck am Epicotyl, bei einer von ihnen tritt an dieser Stelle ein Tropfen aus.

Kaltkasten (14° R.): Hier sind die Keimlinge gegen den Warmkasten noch zurück. Kalklösung: Es haben sich noch keine Nebenwurzeln gebildet, Wurzeln weiß.

Kalkfreie Lösung: Wurzeln dunkel. Das Epicotyl ist erst bei einer Bohne hervorgetreten.

10. Mai. Warmkasten (32° C.). Kalklösung: Eine Pflanze erkrankt.

Kalkfreie Lösung: Wurzeln bräunlich, gekrümmt; alle Keimlinge zeigen die Erkrankung.

Kaltkasten (14° R.). Kalklösung: Wurzeln weiß; es haben sich bereits Nebenwurzeln erster Ordnung gebildet, dieselben sind aber kürzer wie die in der Kalklösung des Warmkastens, dagegen sind dort die Hauptwurzeln kürzer und nicht so rein weiß.

Kalkfreie Lösung: Wurzeln bräunlich, gekrümmt. Nebenwurzeln erster Ordnung nur spärlich vorhanden und ganz kurz.

11. Mai. Warmkasten (32 bis 34° C.). Kalklösung: Wurzeln schwach bräunlich, Nebenwurzeln kurz. Der braune Fleck bereits bei einer zweiten Bohne bemerkbar.

Kalkfreie Lösung: Das Absterben schreitet fort; die Wurzeln färben sich noch dunkler.

Kaltkasten (15° R.). Kalklösung: Pflanzen entwickelter wie im Warmkasten.

Kalkfreie Lösung: Wurzeln nicht so dunkel gebräunt wie im Warmkasten. Eine Erkrankung ist noch nicht zu constatieren.

12. Mai. Warmkasten (32 bis 33° C.). Kalklösung: Zwei Keimlinge abgestorben; eine Bohne hat den braunen Fleck, eine weist den Tropfenaustritt auf. Bei einer Pflanze ist das Epicotyl geplatzt, Wurzeln bräunlich.

Kalkfreie Lösung: Alle Bohnen im Absterben.

Kaltkasten (14° R.). Kalklösung: Entwickelung sehr schön, Wurzeln weiß, lang.

Kalkfreie Lösung: Zwei Pflanzen erkrankt; davon eine mit dem braunen Fleck, eine mit Tropfenaustritt.

Am 16. Mai waren im Warmkasten (31 bis 32°) in der Kalklösung vier Bohnen erkrankt; bei zwei von ihnen und der, mit dem geplatzten Epicotyl, entwickeln sich Seitentriebe. Die bisher nicht erkrankte Pflanze hat ein sehr dickes Epicotyl.

Kalkfreie Lösung: Alles abgestorben.

Kaltkasten (20° C.). Kalklösung: Normale Entwickelung, starke Wurzelbildung.

Kalkfreie Lösung: Bis auf eine Pflanze alle erkrankt.

17. Mai. Warmkasten (31 bis 33° C.). Kalklösung: Die Haupttriebe sind bei drei Keimlingen abgestorben.

Kalkfreie Lösung: Die Seitentriebe, die sich bei drei Bohnen gebildet haben, sterben auch schon ab.

Kaltkasten (21° C.). Kalklösung: Normale Entwickelung.

Kalkfreie Lösung: Alle Pflanzen haben den braunen Fleck. Bei einer bildet sich ein Seitentrieb.

22. Mai. Warmkasten (32 bis 33° C.). Kalklösung: Alle Keimlinge erkrankt.

24. Mai. Warmkasten (30 bis 31° C.). Kalklösung und kalkfreie Lösung: Alle Pflanzen abgestorben.

Kaltkasten (22°). Kalklösung: Entwickelung sehr schön. Eine Pflanze war erkrankt, doch haben sich an ihr zahlreiche Seitentriebe entwickelt. Reservestoffe alle aufgebraucht.

Kalkfreie Lösung: Alles abgestorben.

Es wurde nun eine Lichtcultur und gleichzeitig zum Vergleiche ein Versuch im Dunkeln mit *Phaseolus multiflorus* in Gang gesetzt.

Nach 5 Tagen bot sich folgendes Bild dar:

Versuch im Dunkeln. Warmkasten (29°). Kalklösung: Epicotyl und Blätter bei allen Bohnen hervorgekommen, Wurzeln kürzer wie im Kaltkasten. Epicotyllängen 53·7 *cm*.

Kalkfreie Lösung: Bei einer Pflanze Epicotyl und Blätter entwickelt; auf der Innenseite der Nutationskrümmung ist bereits ein brauner Fleck. Wurzeln gebräunt, die Wurzelspitzen abgestorben.

Kaltkasten (21°C.). Kalklösung: Epicotyl bei allen Keimlingen sichtbar. Epicotyllänge 23·6 *cm*.

Kalkfreie Lösung: Bei vier Individuen waren die Epicotyle und Blätter bereits zum Vorscheine gekommen.

Bei einer Pflanze Tropfenaustritt. Wurzeln gebräunt, die Wurzelspitzen abgestorben. Epicotyllänge 7 *cm*.

Lichtcultur:

Warmkasten (29°). Kalklösung: Alle Pflanzen haben bereits die Epicotyle und Blätter zum Vorscheine gebracht. Wurzeln kürzer wie in derselben Lösung im Zimmer. Epicotyllänge 32·8 *cm*.

Kalkfreie Lösung: Bei 5 Bohnen Epicotyl und Blätter entwickelt, diese fünf Pflanzen erkrankt (Tropfenaustritt, Durchsichtigwerden, brauner Fleck). Epicotyllänge 14·2 *cm*. Wurzeln gebräunt, Spitzen abgestorben.

Zimmer (12 bis 17° R.). Kalklösung: Alle Keimlinge haben bereits das Epicotyl und Blätter. Epicotyllänge 17·7 *cm*.

Kalkfreie Lösung: Drei Pflanzen haben das Epicotyl und Blätter entwickelt, Wurzeln gebräunt, Wurzelspitzen abgestorben. Epicotyllänge 5·9 *cm*.

Am nächsten Tage waren in der kalkhältigen Nährlösung im Warmkasten der Dunkelcultur vier und der Lichtcultur eine Pflanze erkrankt, während in der kalkfreien Nährlösung im Zimmer das Durchsichtigwerden des Epicotyls unterhalb der Nutation und der Tropfenaustritt bei einer Pflanze bemerkbar waren.

Alle Pflanzen waren erkrankt:

im Warmkasten der Lichtcultur:	in der	Kalklösung.......	am	12.	Tage:
	» »	kalkfreien Lösung .	»	7.	»
im Zimmer der Lichtcultur:	» »	» » .	»	10.	»
im Warmkasten der Dunkelcultur:	» »	Kalklösung.......	»	9.	»
	» »	kalkfreien Lösung .	»	9.	«
im Kaltkasten der Dunkelcultur:	» »	» » .	»	9.	»

Es hat sich also auch hier gezeigt, dass die höhere Temperatur nicht imstande ist, den fehlenden Kalk im Sinne Dehérains zu ersetzen; ja es giengen die Pflanzen im Warmkasten der Lichtcultur in der kalkfreien Nährlösung sogar um zwei Tage früher zugrunde, wie in dem gleichen Medium im Warmkasten der Dunkelcultur.

Untersuchung auf die Acidität der Bohnen. Nach der Ansicht Schimpers[1] lassen die durch Kalkmangel hervorgerufenen Krankheitserscheinungen auf eine Vergiftung schließen und schreibt er dem sauren oxalsauren Kali in den ohne Kalk gezogenen Pflanzen die schädigende Wirkung zu.

Viele Forscher haben der Meinung Ausdruck gegeben, dass der Kalk die Function habe, die freien organischen Säuren, namentlich die Oxalsäure, die in größeren Mengen angehäuft, für die Pflanzen nachtheilig werden müsste, unschädlich zu machen.

Ich untersuchte erkrankte Bohnenkeimlinge auf Oxalsäure und benützte dazu das von Behrens[2] angegebene Verfahren zur Sublimation, ohne ein Resultat zu erzielen, obzwar ich bei Controlversuchen mit *Begonia* und *Oxalis Acetosella* am Objectträger sehr schöne Krystalle von Oxalsäure erhielt, die unter gekreuzten Nicols hell aufleuchteten

Auch die Untersuchung der kalkfrei gezogenen Bohnenkeimlinge auf eine starke Säure mittels Congopapier führte zu

---

[1] Schimper, Zur Frage der Assimilation der Mineralsalze durch die grüne Pflanze; l. c. S. 248.

[2] Behrens, Anleitung zur mikrochemischen Analyse, 1895 und 1897, IV. H., S. 39.

einem negativen Ergebnis, während bei Versuchen mit *Oxalis Acetosella* eine sehr intensive und mit *Pelargonium* eine schwache Blaufärbung des Papieres eintrat.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass, wenn in den durch Kalkmangel erkrankten Bohnen Oxalsäure und Kleesalz enthalten sind, dies nur in sehr geringer Menge der Fall ist.

Um nun festzustellen, ob mit der Erkrankung auch eine Zunahme des Säuregehaltes verbunden sei, wurde folgender Versuch angestellt.

Es wurden je 640 Bohnen (*Phaseolus vulgaris*) in kalkhältige und kalkfreie Nährlösungen gegeben und am vierten Tage, nachdem die Wurzeln in destilliertem Wasser gut abgewaschen und nachher abgetrocknet worden waren, einer chemischen Untersuchung auf ihre Acidität unterzogen.

Die Untersuchung wurde von Herrn Dr. Richard Koreff, dem ich hiermit meinen herzlichsten Dank für die exacte Durchführung ausspreche, vorgenommen.

Erster Versuch. Es wurden je 200 *g* der mit und der ohne Kalk gezogenen Pflanzen abgewogen und die Keimlinge fein zerrieben. Der Brei kam nun, mit etwas Wasser verdünnt, auf 1½ Stunden aufs Wasserbad, die Temperatur stieg nicht über 90°. Die Flüssigkeit wurde dann filtriert und mit Kalilauge (1 *g* auf 1000 cm^3) titriert.

Das Resultat wurde dann auf Natronlauge umgerechnet.

Als Indicator diente Phenolphtaleïn.

Im ganzen wurde nach der Methode Warburgs[1] vorgegangen.

Dieser erste Versuch führte zu keinem Resultat, da die bei der hohen Erwärmung gequollene Stärke das Filtrieren und Titrieren erschwerte. Um dies zu vermeiden, wurden beim

zweiten Versuche die Cotyledonen knapp unterhalb der Ansatzstelle abgeschnitten und nur die hypocotylen Glieder auf ihren Säuregehalt geprüft.

a) Mit Kalk aufgezogene Bohnen.

Es wurden verwendet: 109 Stück.

Gesammtgewicht......	90·5 *g*
Cotyledonen.......	40·5
Hypocotyl	50·0 *g*

b) Kalkfrei gezogene Bohnen:

Es wurden verwendet: 250 Stück.

[1] Warburg O., Über die Bedeutung der organischen Säuren für den Lebensprocess der Pflanzen (speciell der sog. Fettpflanzen). Untersuchungen aus dem botan. Institute zu Tübingen. II. Bd., I. H., 1886, S. 66.

Gesammtgewicht .... 265 *g*
Cotyledonen 115
Hypocotyl .... 50 *g*

Der fein zerriebene Brei der Hypocotyle, der mit etwas Wasser verdünnt war, wurde 1½ Stunden auf 80 bis 90° erwärmt und dann titriert.

Zur Sättigung waren erforderlich:

bei *a)* .... 0·0694 *g* Natronlauge.
» *b)* .... 0·07589 »

Dritter Versuch. Von den in kalkhältigen und kalkfreien Nährlösungen gezogenen Pflanzen wurde die gleiche Stückzahl, und zwar je 133 Stück, untersucht.

Die Cotyledonen wurden auch hier abgeschnitten und gesondert von den hypocotylen Gliedern wie diese untersucht.

Hypocotyle:

Kalk, 133 Stück; Gesammtgewicht......... 120·5 *g*
Cotyledonen .... 56·0
Hypocotyl .... 64·5 *g*

Zur Sättigung der filtrierten Substanz wurden gebraucht: 0·07285 *g* Natronlauge.

Kalkfrei, 133 Stück; Gesammtgewicht ...... 84 9 *g*
Cotyledonen.......... 56·4
Hypocotyl .... 28·5 *g*

Es wurden 0·035 *g* Natronlauge verwendet.

Bei den kalkhältigen Bohnen wurden 0·0321 *g* Natronlauge benöthigt, wenn man das Resultat auf das Gewicht von 28·5 *g* umrechnet.

Die Cotyledonen, deren Gewicht bei den mit Kalk aufgezogenen Pflanzen 56 *g* und bei den kalkfrei gezogenen 56·4 *g* betrug, also beinahe dasselbe war, wurden mit 500 cm^3 Wasser digeriert und 250 cm^3 kalt, um das Quellen der Stärke zu vermeiden, titriert; 250 cm^3 wurden heiß gemacht und dann titriert.

Resultat:

Kalk,	kalt	0·041	*g* Natronlauge.
	heiß	0·04	»
kalkfrei,	kalt	0·0277	»
	heiß	0·032	»

Dieses Resultat zeigt, dass bei den Cotyledonen der Kalkpflanzen mehr Natronlauge zur Sättigung benöthigt wurde, wie bei den ohne Kalk gezogenen Bohnen.

Es ist leider nicht möglich, aus den Endergebnissen dieser Versuche einen Schluss zu ziehen; es geht aber doch daraus

hervor, dass die Acidität der Hypocotyle der kalkfrei gezogenen Bohnenkeimlinge eine wenn auch minimal größere ist, wie die der mit Kalk aufgezogenen.

Es ist sehr fraglich, ob dieses geringe Plus an Säuren imstande ist, die des öfteren beschriebene Erkrankung herbeizuführen; wir können uns darüber kein Urtheil bilden, da uns die Resistenzfähigkeit des Plasmas (hier speciell des in den im Wachsthume begriffenen Zellen der Bohne enthaltenen Plasmas) gegen die Einwirkung freier Säuren, schwächerer und stärkerer Concentration gänzlich unbekannt ist.

Um zu beweisen, dass der Kalkmangel sich dort bemerkbar macht, wo die Krankheitserscheinungen zuerst auftreten, bestrich Liebenberg[1] Bohnen an dieser Stelle mit einer ganz schwachen Kalklösung und konnte die in destilliertem Wasser gezogenen Pflanzen bis zum völligen Verbrauch der Reservestoffe aufziehen.

Ich habe diesen Versuch mit einer concentrierten Kalklösung, und zwar mit 10procentigem salpetersauren Calcium wiederholt, indem ich die Keimlinge, die in kalkfreien Nährlösungen gezogen wurden, nach Auftreten des Tropfens oder nach Durchsichtigwerden des Hypocotyls an dieser Stelle bestrich.

Ich erzielte hiebei dasselbe Resultat wie Liebenberg, nur konnte ich dabei noch eine überraschende Erscheinung beobachten.

Wurzelentwickelung am Hypocotyl. Bei den Bohnen *(Phaseolus vulgaris)*, bei denen bereits der braune Fleck zum Vorscheine gekommen war, machte das Hypocotyl eine starke Biegung, wobei die Bräunung auf der concaven Seite verblieb; auf der convexen Seite aber kam es zur Entwickelung zahlreicher Wurzeln.

Bei den Pflanzen, bei denen die Bräunung schon Fortschritte gemacht hatte, und wo bereits eine Einschnürung des hypocotylen Gliedes eingetreten war, bildeten sich die Wurzeln ober- und unterhalb dieser Stelle.

---

[1] Liebenberg, Untersuchungen über die Rolle des Kalkes bei der Keimung von Samen; l. c. S. 41.

Bei den in den ersten Krankheitsstadien bestrichenen Keimlingen entwickelte sich rings um die kranke Stelle ein Kranz von Wurzeln, während sonst am Hypocotyl keine Wurzelbildung zu constatieren war.

Es ist nun möglich, dass dieses Auftreten von Wurzeln an der erkrankten Stelle nicht durch die Kalkzufuhr hervorgerufen wird, sondern dass durch die stärkere Concentration der von mir verwendeten Lösung ein Reiz auf die bestrichenen Partien ausgeübt wurde, der die Wurzelentwickelung zur Folge hatte.

Um dies festzustellen, habe ich Versuche mit einer schwachen Kalklösung und mit anderen concentrierten Lösungen vorgenommen.

Es wurden ein Gefäß mit kalkhältiger und sechs mit kalkfreier Nährlösung mit je 21 Bohnenkeimlingen besetzt und die Gläser im Kaltkasten aufgestellt.

Kaum dass sich die ersten Krankheitserscheinungen in den kalkfreien Medien zeigten, wurden die Pflanzen mittels eines weichen Pinsels mit den zur Verwendung kommenden Lösungen bestrichen.

Es wurden folgende Reagentien verwendet:

1procentige Lösung von salpetersaurem Kalk:

Die Pflanzen wurden an der erkrankten Stelle bestrichen.

10procentige Lösung von salpetersaurem Kalk:

In einem Gefäße fand die Bestreichung an der kranken Stelle, im zweiten oberhalb, im dritten unterhalb derselben statt.

10procentige Lösung von Magnesiumsulfat oder eine 3procentige Glycerinlösung:

Auch hier wurde der Fleck, der sich unterhalb der Krümmung zeigte, bestrichen.

Im kalkhältigen Substrat wurden drei Pflanzen mit der 10procentigen Kalklösung und auch einige mit Glycerin bepinselt.

Der Versuch begann am 2. März.

Am 7. März entwickelten sich die mit Kalk bestrichenen Pflanzen bereits besser und waren auch länger, wie die mit Glycerin und Magnesiumsulfat behandelten.

Am 9. März zeigte sich in der kalkhältigen Lösung bei einer Pflanze an der mit Kalk bestrichenen Stelle eine Bräunung, während an den mit Glycerin bepinselten Keimlingen nichts zu bemerken war.

In den kalkfreien Medien faulten die erkrankten Stellen der Hypocotyle aller Bohnen, bei denen Glycerin angewendet worden war, während bei den mit Magnesiumsulfat bestrichenen die Fäulnis nicht so weit fortgeschritten war.

Wurzeln waren zum Vorschein gekommen bei der Bestreichung mit

1procentiger	Kalklösung	....	bei 3	Pflanzen.
10 »	»	an der kranken Stelle.....	» 5	»
10 »	»	unterhalb der kranken Stelle	» 5	»
10 »	»	oberhalb » » »	» 9	»

Im letzteren Falle wurden die Keimlinge unterhalb der Cotyledonen an der Krümmung bestrichen, worauf das Hypocotyl dort dick anschwoll.

Zwei Tage später konnte ich auch bei den mit Glycerin behandelten, kalkfrei gezogenen Pflanzen eine spärliche Wurzelbildung ober- und unterhalb der erkrankten Stelle beobachten.

Am 13. März bemerkte ich diese Erscheinung auch bei den mit Kalk und Glycerin bestrichenen Bohnen der kalkhältigen Nährlösung.

Am nächsten Tage konnte ich folgendes constatieren:

Kalkhältige Nährlösung; 10procentige Lösung von salpetersaurem Kalk:

Die bestrichenen Stellen des Hypocotyls waren gebräunt, an einigen derselben entwickelten sich spärliche Wurzeln, was übrigens auch bei den nicht bestrichenen Pflanzen der Fall war; doch ist es möglich, dass, da die Pflanzen sehr dicht standen und sich berührten, die Bestreichungsflüssigkeit von einer Bohne auf die andere gelangte. Bei abgebrochenen Keimlingen, und zwar bei solchen, die mit der ganzen Pflanze im Verbande blieben, oder auch bei denen, die sich gänzlich von ihr trennten, kam es zur Wurzelentwickelung oberhalb der Bruchstelle.

3procentiges Glycerin:

Auch hier war ein schwacher Wurzelansatz zu beobachten.

Kalkfreie Nährlösungen; 10procentige Lösung von Magnesiumsulfat:

Alle Pflanzen waren erkrankt und gegen die mit Kalk bestrichenen stark zurückgeblieben. Die erkrankte Stelle war vertrocknet. Nur bei einer abgebrochenen Pflanze hatten sich am hypocotylen Gliede einige Wurzeln gebildet.

3procentiges Glycerin.

Bei zwei Bohnen hatten sich an der gebräunten Stelle, bei vier oberhalb derselben und bei einigen abgebrochenen Keimlingen am Hypocotylstumpf, spärliche und kurze Wurzeln entwickelt.

1procentige Lösung von salpetersaurem Kalk:

Bei sechs Pflanzen waren an und um die kranken Stellen herum zahlreiche längere Wurzeln zum Vorschein gekommen.

Bei einer Bohne, die am Hypocotyl, das besonders dick war, zwei braune Flecken hatte, zeigten sich an diesen beiden Stellen Wurzeln.

Bei zwei Keimlingen, deren Wurzeln und hypocotylen Glieder ganz abgefault waren, kam es zur Wurzelbildung am Epicotyle, das noch in den Cotyledonen eingeschlossen war.

10procentige Kalklösung (Bestreichung der kranken Stelle):

Ich beobachtete die Wurzelentwickelung bei 13 Pflanzen.

Bei einigen traten sie direct aus der vertrockneten braunen Stelle hervor, bei anderen wieder nur aus den Stellen, die in der erkrankten Partie nicht gebräunt waren.

10procentige Kalklösung (Bestreichung unterhalb der kranken Stelle):

Die Wurzeln bildeten sich bei 13 Bohnen an oder um die erkrankte Stelle.

10procentige Kalklösung (Bestreichung oberhalb der kranken Stelle):

Auch hier hatten 13 Keimlinge Wurzeln, die an der kranken Stelle besonders lang waren. Sie traten auch unterhalb dieser Stelle auf, waren hier aber nicht so dicht. An der bestrichenen Partie unterhalb der Cotyledonen sind die Hypocotyle besonders dick.

Ich habe auch in den anderen Gläsern bei den mit Kalk behandelten Pflanzen Individuen gefunden, deren hypocotyle Glieder sich durch bedeutendes Dickenwachsthum auszeichneten.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass die 10procentige Lösung von salpetersaurem Kalk oberhalb der erkrankten Stelle angebracht, die beste Wirkung auf die Wurzelentwickelung ausübte.

Die mit 3procentigem Glycerin bestrichenen Bohnen zeigten, wenn auch nur in geringem Maße, eine Wurzelbildung. Die Frage, ob hier ein Reiz oder die Kalkzufuhr das Phänomen hervorruft, ist also durch meine Versuche noch nicht geklärt und behalte ich mir vor, diese interessante Erscheinung durch Anstellung neuer Untersuchungen weiter zu verfolgen.

Zusammenfassung.

1. Die Behauptung Dehérain's, dass Bohnenkeimlinge sich in destilliertem Wasser bei einer Temperatur von 30° bis 35° vollständig entwickeln können, so zwar, dass sich der Mangel an Nährstoffen, also auch des Kalkes, nicht bemerkbar macht, beruht nach meinen in Übereinstimmung mit den von Molisch erlangten Resultaten auf einem Irrthume.

2. Es war nicht möglich, Keimlinge der verschiedensten Art, auch nicht solche von Gramineen, bei 30 bis 35° ohne Kalkzufuhr bis zum völligen Verbrauch der Reservestoffe in kalkfreien Nährlösungen aufzuziehen; ja die Pflanzen starben gewöhnlich sogar früher ab als die gleichzeitig bei niedriger Temperatur in kalkfreien Lösungen gezogenen.

Es konnte also nicht nur keine günstige, sondern nur eine schädliche Wirkung der höheren Temperatur beobachtet werden, gleichgiltig, ob die Pflanzen dem Lichte ausgesetzt waren oder nicht.

3. Diese schädliche Wirkung der höheren Temperatur machte sich auch bei den in Kalklösungen gezogenen Pflanzen bemerkbar.

4. Die höhere Temperatur wirkt zuerst auf die Entwickelung beschleunigend, doch bleiben die Pflanzen bald gegen die bei niederer Temperatur cultivierten zurück.

Auch die Krankheitserscheinungen treten früher auf, was wohl auf das schnellere Wachsthum in der ersten Zeit zurückzuführen ist; da die Pflanzen schneller die Reservestoffe aufbrauchen und früher das Stadium erreichen, in dem sich der Kalkmangel besonders fühlbar macht.

5. Nach obigem ist es auch klar, dass die von Schimper und Loew für die Behauptung Dehérains, dass die erhöhte Temperatur auf die ohne Kalk gezogenen Pflanzen eine günstige Wirkung ausübe. gegebenen Erklärungen irrthümlich sind oder wenigstens in diesem Falle nicht zutreffen.

6. In kalkhältiger Nährlösung sind die Wurzeln bei 30° bis 35° gebräunt, gekrümmt, und erreichen nicht die Länge der Wurzeln im Kaltkasten, auch entwickeln sich die Nebenwurzeln nicht immer so gut und so zahlreich, wie in diesem.

Die Entwickelung des Etiolins scheint durch die höhere Temperatur bei den Keimpflanzen ungünstig beeinflusst zu werden, denn die Blätter der im Warmkasten gezogenen Pflanzen hatten gegen die im Kaltkasten meist eine hellere Farbe. Auch die an den Keimlingen auftretende röthliche oder violette Färbung wird durch die erhöhte Wärme entweder gänzlich verhindert oder in der Intensität herabgesetzt (Korn, Hanf, Mohn).

7. Bei 31 bis 35° C. wird die Wurzelentwickelung bei der Keimung von Bohnen, insbesondere aber bei Erbsen und Linsen ungünstig beeinflusst.

8. Außer den meisten von Liebenberg auf ihr Verhalten zur An- und Abwesenheit von Kalk bereits geprüften Pflanzen wurden von mir noch *Lepidium sativum, Rumex Acetosa, Secale cereale, Hordeum vulgare, Triticum vulgare, Avena sativa, Larix europaea* und *Pinus silvestris* untersucht und wurde constatiert, dass zur vollständigen Entwickelung dieser Pflanzen auch bei höherer Temperatur eine Kalkzufuhr nothwendig ist.

9. Nach Schimper zeigen die Folgen der Kalkentziehung alle Symptome einer Vergiftung, die durch den enormen Gehalt an saurem oxalsauren Kali der kalkfrei gezogenen Pflanzen herbeigeführt wird.

Es ist mir nicht gelungen, durch Sublimation und Untersuchung mit Congopapier in kalkfrei gezogenen Bohnen Oxalsäure oder eine starke organische Säure nachzuweisen.

Die makrochemische Untersuchung der Hypocotyle der erkrankten Keimlinge von *Phaseolus vulgaris* ergab ein geringes Plus an Acidität gegenüber den gesunden, aber ein so schwaches, dass es unstatthaft ist, daraus zu schließen, ob diese minimale Säurezunahme imstande ist, die Erkrankung herbeizuführen.

10. Wenn man Keimlinge von *Phaseolus vulgaris* in kalkfreier Nährlösung an der Stelle, wo das Absterben gewöhnlich beginnt, mit einer Kalklösung bestreicht, so erhalten sich die Pflanzen bis zum vollständigen Verbrauche der Reservestoffe.

Aus dieser Erscheinung kann aber nicht, wie dies Liebenberg thut, geschlossen werden, dass der Kalkmangel auch wirklich an dieser Stelle eintritt, obzwar dies höchst wahrscheinlich ist, denn einerseits entwickeln sich die Bohnenkeimlinge von *Phaseolus vulgaris* auch vollständig, wenn irgend eine Stelle des Hypocotyls mit der Kalklösung bestrichen wird, anderseits hat Boehm nachgewiesen, dass Keimpflanzen der Feuerbohne mittels der Oberhaut ihrer Stengel und Blätter nicht nur Wasser, sondern auch Kalksalze aufnehmen können.

11. Bei Bestreichung des erkrankten Fleckes am Hypocotyl von *Phaseolus vulgaris*-Keimlingen mit einer 1procentigen oder 10procentigen Lösung von salpetersaurem Kalk entwickelten sich an dieser Stelle Wurzeln; dasselbe Resultat wird erzielt bei Bepinselung des Hypocotyls oberhalb oder unterhalb dieser Stelle mit der 10procentigen Kalklösung.

Zum Schlusse erfülle ich eine angenehme Pflicht, indem ich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Hans Molisch, der mir bei Ausführung dieser Arbeit mit Rath und That zur Seite stand und mir seine Hilfe in liebenswürdigster Weise zutheil werden ließ, meinen herzlichsten Dank ausspreche.

Literaturnachweis.

Behrens. Anleitung zur mikrochemischen Analyse; 1895, 1897.

Boehm J. Die Nährstoffe der Pflanze. Ein Vortrag mit Demonstrationen, gehalten im Vereine zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien am 11. November 1885. Wien, 1886.

— Über die Aufnahme von Wasser und Kalksalzen durch die Blätter der Feuerbohne. Landwirtsch. Versuchsstat. 1. H., 1877.

— Über den vegetabilischen Nährwert der Kalksalze. Bd. LXXI, Sitzungsber. der k. Akad. der Wissensch. I. Abth., April 1875.

Dehérain M. Nutrition de la plante. Fremy, Encyclopédie chimique, X, 1885. Chimie agricole.

Holzner Gg. Über die physiologische Bedeutung des oxalsauren Kalkes. Flora, 1867.

Jaschnow L. Über die Wirkung der Temperatur auf die Keimung der Samen einiger Nadelholzarten. Mitth. der land- und forstwirtschaftl. Akad. zu Petrowskoje, Jahrg. VI, 1883, Ref. Justs Bot. Jahresber. 1885.

Kohl F. G. Anatomisch-physiologische Untersuchungen der Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze. 1889.

Kohl F. G. Zur Kalkoxalatbildung in der Pflanze. Botan. Centralblatt, 1889.

Liebenberg A. v. Untersuchungen über die Rolle des Kalkes bei der Keimung von Samen. Sitzungsber. der k. Akad. der Wissensch. in Wien, Bd. LXXXIV, I. Abth., October 1881.

Loew O. Über die physiologischen Functionen der Calcium- und Magnesiumsalze im Pflanzenorganismus. »Flora oder allgem. bot. Ztg.« Sonderabdruck, 1892.

— Über das Mineralstoffbedürfnis von Pflanzenzellen. Bot. Centralblatt, 1895.

— Über die physiologischen Functionen der Calciumsalze. Bot. Centralblatt, 1898.

Molisch H. Die Ernährung der Algen (Süßwasseralgen, I. Abhandlung), Sitzungsber. der k. Akad. der Wissensch. in Wien, Bd. CIV, Abth. I, October 1895.

— Die Ernährung der Algen (Süßwasseralgen, II. Abhandlung), Sitzungsber. der k. Akad. der Wissensch. in Wien, Bd. CV, Abth. I, October 1896.

Raumer E. v. Kalk und Magnesia in der Pflanze. Die landwirtschaftl. Versuchsstationen, Bd. XXIX, 1883.

Raumer E. v. und Kellermann Ch. Über die Function des Kalkes im Leben der Pflanze. Die landwirtschaftl. Versuchsstationen, Bd. XXV, 1880.

Sachs. Physiologische Untersuchungen über die Abhängigkeit der Keimung von der Temperatur. Pringsheims Jahrbücher, II, 1860.

Schimper A. F. W. Zur Frage der Assimilation der Mineralsalze durch die grüne Pflanze. Separatabdruck aus der »Flora oder allgem. bot. Ztg.« 1890, Heft 3.

— Über Kalkoxalatbildung in den Laubblättern. Separatabdruck aus der »Botan. Zeitung«, 1888.

Stohmann F. Über einige Bedingungen der Vegetation der Pflanzen. Ann. der Chemie und Pharmacie. Bd. 121, 1862.

Warburg O. Über die Bedeutung der organischen Säuren für den Lebensprocess der Pflanzen (speciell der sog. Fettpflanzen). Untersuchungen aus dem botan. Institute zu Tübingen, II. Bd., 1. H., 1886.